



## ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

ENERGÍAS RENOVABLES COMO ALTERNATIVA EN UNA  
VIVIENDA UNIFAMILIAR.

Nombre y apellidos del alumno: David Santos Galdeano

Nombre y apellidos del tutor: Jorge Odériz Ezcurra

Pamplona, 14 de Febrero de 2013



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

ENERGÍAS RENOVABLES COMO ALTERNATIVA EN UNA  
VIVIENDA UNIFAMILIAR.

## DOCUMENTO 1: MEMORIA

Nombre y apellidos del alumno: David Santos Galdeano

Nombre y apellidos del tutor: Jorge Odériz Ezcurra

Pamplona, 14 de Febrero de 2013

## ÍNDICE: MEMORIA

1. CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objeto del proyecto.	
1.2. Datos de partida.	
1.2.1. Descripción general del edificio.	
1.2.2. Demanda energética.	
1.2.3. Zona climática.	
1.2.4. Clasificación de los espacios.	
1.3. Método a utilizar.	
1.3.1. Análisis del problema.	
1.3.2. Soluciones propuestas.	
1.3.3. Solución escogida.	
1.4. Legislación aplicable.	
2. CAPITULO 2. ENERGÍA SOLAR TÉRMICA.....	10
2.1. Introducción.	
2.2. Principio básico de aprovechamiento.	
2.3. Tipos de instalaciones.	
2.4. Funcionamiento de la instalación.	
2.5. Ventajas e inconvenientes.	
2.6. Sistema de distribución.	
2.7. Almacenamiento.	
2.8. Elementos de una instalación.	
2.9. Aplicaciones y usos.	
2.10. Diseño general de la instalación.	
2.11. Mantenimiento.	
2.12. Situación económica.	
2.13. Colocación.	
2.14. Dimensionado.	
2.14.1. Captador solar.	

- 2.14.2. Sistema de control.
- 2.14.3. Componentes hidráulicos.
  - 2.14.3.1. Tubería.
  - 2.14.3.2. Bomba.
  - 2.14.3.3. Intercambiador.
  - 2.14.3.4. Vaso de expansión.
  - 2.14.3.5. Aislante.
  - 2.14.3.6. Válvulas.
  - 2.14.3.7. Purgador.
  - 2.14.3.8. Fluido caloportador.

### 3. CAPITULO 3. ELECCIÓN DE LA ENERGÍA DE APOYO Y CALEFACCIÓN..... 32

- 3.1. Introducción.
- 3.2. Geotermia.
- 3.3. Biomasa - Geotermia.
- 3.4. Biomasa. Elección de calidad del pellet.
- 3.5. Biomasa. Análisis económico.
- 3.6. Conclusiones.

### 4. CAPITULO 4. ENERGÍA DE BIOMASA..... 36

- 4.1. Definición.
- 4.2. Ventajas e inconvenientes.
- 4.3. Beneficios socio – económicos y medioambientales.
- 4.4. Tipos de calderas de biomasa.
- 4.5. Tipos de calderas de biomasa para calefacción.
  - 4.5.1. Calderas de llama invertida para la combustión de madera.
  - 4.5.2. Calderas de astillas.
  - 4.5.3. Calderas de pellets.
- 4.6. Combustibles.
  - 4.6.1. Clasificación de combustibles.



4.6.2. Selección del biocombustible.	
4.6.3. Fabricación de pellets.	
4.6.4. Tipos de almacenamiento.	
4.7. Instalación.	
4.7.1. Caldera.	
4.7.2. Silo.	
4.7.3. Regulador del circuito.	
4.7.4. Combustibles.	
4.7.5. Sala de calderas.	
4.7.6. Mantenimiento.	
 5. CAPITULO 5. PROGRAMA CHEQ4.....	65
5.1. Introducción.	
5.2. Verificación con el programa CHEQ4.	
 6. CAPITULO 6. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	78
6.1. Caldera de gasoil.	
6.2. Caldera de biomasa y captador solar.	
6.2.1. ACS.	
6.2.2. Biomasa.	
6.2.3. Coste anual en combustible.	
6.2.4. Coste anual total.	
6.2.5. Conclusiones.	
 7. CAPITULO 7. PRESUPUESTO.....	83

# 1. INTRODUCCIÓN.

## 1.1 OBJETO DEL PROYECTO.

El proyecto tiene como objeto la reforma de una vivienda unifamiliar en el pueblo de Echávarri (Navarra), mejorándola energéticamente, buscando de la misma manera un ahorro económico. Para ello se determinará la instalación de calefacción y producción de agua caliente sanitaria (ACS) en dicho inmueble.

Para su acondicionamiento, utilizaremos energía solar térmica para el agua caliente sanitaria, y energía de biomasa para la calefacción y como sistema auxiliar. Como se ve, emplearemos energías renovables, de alta eficiencia y respetuosas con el medio ambiente.

## 1.2 DATOS DE PARTIDA.

### 1.2.1 Descripción general del edificio.

El edificio se encuentra en la población de Echávarri.



Ubicación: 42°43'44'' N  
2°3'57'' O  
Altitud: 576 msnm

Se trata de una vivienda con 3 habitaciones, cocina, baño, salón, despensa, garaje, pasillo, sala calderas y porche.

Las dimensiones son :

Cocina.....	7,44 m <sup>2</sup>
Despensa.....	1,27 m <sup>2</sup>
Baño.....	3,54 m <sup>2</sup>
Salón.....	18 m <sup>2</sup>
Garaje.....	13,53 m <sup>2</sup>
Pasillo.....	7,12 m <sup>2</sup>
Habitación 1.....	11,79 m <sup>2</sup>
Habitación 2.....	12,18 m <sup>2</sup>
Habitación 3.....	9,95 m <sup>2</sup>
Sala calderas.....	5,03 m <sup>2</sup>
Porche.....	5,37 m <sup>2</sup>

TOTAL VIVIENDA.....89,85 m<sup>2</sup>

Podemos observar mediante las siguientes imágenes la vivienda a estudio.





### 1.2.2 Demanda energética.

La demanda energética de los edificios se limita en función del clima de la localidad en la que se ubican, según la zonificación climática, y de la carga interna en sus espacios.

La demanda energética será inferior a la correspondiente a un edificio en el que los parámetros característicos, de los cerramientos y particiones interiores que componen su envolvente térmica, sean los valores límites establecidos en las tablas 2.2. del Documento Básico HE 1.

Los parámetros característicos que definen la envolvente térmica se agrupan en los siguientes tipos:

- a) transmitancia térmica de muros de fachada UM;
- b) transmitancia térmica de cubiertas UC;
- c) transmitancia térmica de suelos US;
- d) transmitancia térmica de cerramientos en contacto con el terreno UT;
- e) transmitancia térmica de huecos UH;
- f) factor solar modificado de huecos FH;
- g) factor solar modificado de lucernarios FL;
- h) transmitancia térmica de medianerías UMD.

Para evitar descompensaciones entre la calidad térmica de diferentes espacios, cada uno de los cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica tendrán una transmitancia no superior a los valores indicados en la tabla 2.1 del Documento Básico HE 1 en función de la zona climática en la que se ubique el edificio.

### 1.2.3 Zona climática.

La zona climática de cualquier localidad en la que se ubique el edificio se obtiene de la tabla D.1 en función de la diferencia de altura que exista entre dicha localidad y la altura de referencia de la capital de su provincia. Si la diferencia de altura fuese menor de 200 m o la localidad se encontrase a una altura inferior que la de referencia, se tomará, para dicha localidad, la misma zona climática que la que corresponde a la capital de provincia.

En nuestro caso, como la diferencia de alturas es menor de 200 m, ya que la altura de Pamplona es de 456 msnm, tendremos asignada la zona climática D1.



Tabla D.1.- Zonas climáticas

Capital de provincia	Capital	Altura de referencia (m)	Desnivel entre la localidad y la capital de su provincia (m)				
			≥200 <400	≥400 <600	≥600 <800	≥800 <1000	≥1000
Albacete	D3	677	D2	E1	E1	E1	E1
Alicante	B4	7	C3	C1	D1	D1	E1
Almería	A4	0	B3	B3	C1	C1	D1
Ávila	E1	1054	E1	E1	E1	E1	E1
Badajoz	C4	166	C3	D1	D1	E1	E1
Barcelona	C2	1	C1	D1	D1	E1	E1
Bilbao	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Burgos	E1	881	E1	E1	E1	E1	E1
Caceres	C4	385	D3	D1	E1	E1	E1
Cádiz	A3	0	B3	B3	C1	C1	D1
Castellón de la Plana	B3	18	C2	C1	D1	D1	E1
Ceuta	B3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Ciudad real	D3	630	D2	E1	E1	E1	E1
Córdoba	B4	113	C3	C2	D1	D1	E1
Coruña (la)	C1	0	C1	D1	D1	E1	E1
Cuenca	D2	975	E1	E1	E1	E1	E1
Donostia-San Sebastián	C1	5	D1	D1	E1	E1	E1
Girona	C2	143	D1	D1	E1	E1	E1
Granada	C3	754	D2	D1	E1	E1	E1
Guadalajara	D3	708	D1	E1	E1	E1	E1
Huelva	B4	50	B3	C1	C1	D1	D1
Huesca	D2	432	E1	E1	E1	E1	E1
J León	C4	436	C3	D2	D1	E1	E1
León	E1	346	E1	E1	E1	E1	E1
Lleida	D3	131	D2	E1	E1	E1	E1
Logroño	D2	379	D1	E1	E1	E1	E1
Lugo	D1	412	E1	E1	E1	E1	E1
Madrid	D3	589	D1	E1	E1	E1	E1
Málaga	A3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Melilla	A3	130	B3	B3	C1	C1	D1
Murcia	B3	25	C2	C1	D1	D1	E1
Ourense	C2	327	D1	E1	E1	E1	E1
Oviedo	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Palencia	D1	722	E1	E1	E1	E1	E1
Palma de Mallorca	B3	1	B3	C1	C1	D1	D1
Palmas de Gran Canaria (las)	A3	114	A3	A3	A3	B3	B3
Pamplona	D1	456	E1	E1	E1	E1	E1
Pontevedra	C1	77	C1	D1	D1	E1	E1
Salamanca	D2	770	E1	E1	E1	E1	E1
Santa Cruz de Tenerife	A3	0	A3	A3	A3	B3	B3
Santander	C1	1	C1	D1	D1	E1	E1
Segovia	D2	1013	E1	E1	E1	E1	E1
Sevilla	B4	9	B3	C2	C1	D1	E1
Soria	E1	984	E1	E1	E1	E1	E1
Tarragona	B3	1	C2	C1	D1	D1	E1
Teruel	D2	695	E1	E1	E1	E1	E1
Toledo	C4	445	D3	D2	E1	E1	E1
Valencia	B3	8	C2	C1	D1	D1	E1
Valladolid	D2	704	E1	E1	E1	E1	E1
Vitoria-Gasteiz	D1	512	E1	E1	E1	E1	E1
Zamora	D2	617	E1	E1	E1	E1	E1
Zaragoza	D3	207	D2	E1	E1	E1	E1

## 1.2.4 Clasificación de los espacios.

A efectos de cálculo de la demanda energética, los espacios habitables se clasifican en función de la cantidad de calor disipada en su interior, debido a la actividad realizada y al periodo de utilización de cada espacio. Como utilizaremos el recinto de manera eventual o permanente sus espacios se definen con carga interna baja.

A efectos de comprobación de la limitación de condensaciones en los cerramientos, los espacios habitables se caracterizan por el exceso de humedad interior.

Según la norma EN ISO 13788: 2002 los espacios del edificio corresponden a la clase de higrometría 3 porque no se prevé una alta producción de humedad y por ser un edificio residencial.

## 1.3 MÉTODO A UTILIZAR.

### 1.3.1 Análisis del problema.

En primer lugar podemos observar que la vivienda tiene 14 años de antigüedad y no ha sido expuesta a obra de ningún tipo. Ya que se nos requiere ser reformada para mejorar su eficiencia energética, se pasará a buscar diferentes tipos de soluciones para

poder realizar las instalaciones con el fin de reducir el impacto con el medioambiente y a su vez reducir costes.

Debemos señalar que la vivienda a estudio está situada fuera de zona urbana (pese a que cuenta con licencia de obra oficial y sus correspondientes permisos), por lo que para no incumplir ninguna norma respecto a reformas debemos ser restrictivos en la amplitud de nuestra obra, y la limitaremos buscando la autosuficiencia, la sencillez y que no destruya la estética general.

Además, pese a no estar en zona urbana y poder ser más flexibles con la normativa (ya que no tendríamos la obligación de cumplir con ciertas exigencias de seguridad, etc.), vamos a realizar nuestra obra con la mayor rectitud posible y dando por supuesto que, pese al aumento de coste, es preferible la correcta ejecución para una mayor satisfacción del cliente.

### 1.3.2 Soluciones propuestas.

Después de un análisis exhaustivo de la situación, y tras visitar en persona el inmueble, planteamos dos posibles soluciones que resolverían nuestro problema.

#### *1. Aumentar la eficiencia energética pasiva.*

Para ello lo fundamental sería mejorar el aislamiento general de la vivienda. Con una reforma de este tipo conseguiríamos ventajas a la hora de calentar los espacios existentes, limitando las pérdidas y creando una situación de confort. Pese a que actualmente es uno de los recursos de mejora energética en clara expansión, en nuestro caso presenta numerosos inconvenientes, presentados a continuación:

Después de observar el aislamiento actual existente, no se considera necesaria su adecuación, ya que los materiales cumplen con la normativa vigente y no se aprecian humedades / condensaciones en ninguna de las estancias que puedan indicar un deterioro por el paso del tiempo.

Al estar buscando obras discretas, una reforma de este tipo supondría un exceso respecto a la demanda del cliente.

Económicamente no es viable, supondría una amplia reforma (implicaría acciones como trasdosar, recrecer los muros, cambiar todos los alféizares...), ascendiendo el coste total a 31.000 euros. Además, a corto plazo necesitaríamos sustituir la caldera, que se encuentra en el final de su vida útil, por lo que, en el más barato de los casos, se desembolsarían 1850 euros, cantidad total acumulada que para el cliente es demasiado elevada.

#### *2. Sustituir la caldera actual.*

Como hemos visto anteriormente, la caldera está próxima a su necesidad de sustitución. Podemos aprovechar esta oportunidad para poder cumplir nuestro objetivo en la reforma, buscando una mejora con la instalación de nuevos componentes.

Esta solución cumple con todos los apartados requeridos, ya que aparte de ser económicamente más asequible, es algo necesario, autosuficiente y de moderada magnitud.

Tendríamos dos posibilidades dentro de esta solución, que serían la sustitución de la caldera por otra similar, o el uso de energías renovables. Debemos analizar la utilización de energías renovables, que sería la que a priori nos haría cumplir nuestro objetivo frente a un cambio por el mismo tipo de caldera. Si fuera posible, lo más atractivo sería

apostar por las energías, que tienen las siguientes ventajas e inconvenientes respecto a la caldera de gasoil.

Ventajas	Inconvenientes
Respetuosas con el medio ambiente	Alta inversión inicial
Bajo coste de combustible	Mantenimiento más complicado
Amortización de la inversión	

### 1.3.3 Solución escogida.

Después de observar los pros y contras de las propuestas a estudio, hemos decidido que sustituiremos la caldera introduciendo energías renovables, por ser la solución que más ventajas nos daba, y que se ajustaba a nuestras necesidades. Seguiremos el siguiente proceso:

Por un lado, se realizará el estudio para la instalación de una placa solar térmica para abastecer, en la medida de lo posible, el agua caliente sanitaria de la casa.

Además se efectuará el estudio de la viabilidad de una caldera de biocombustible alimentada por pellets para completar la demanda y cumplir con las expectativas de la calefacción.

Por último, mediante el programa oficial CHEQ4 se procederá a verificar si nuestra instalación cumple con la sección HE4 del CTE, el cálculo de la contribución solar mínima de agua caliente sanitaria en instalaciones solares térmicas.

### 1.4 LEGISLACIÓN APLICABLE.

Para la realización del proyecto se ha seguido la siguiente reglamentación:

Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.

REAL DECRETO 314/2006 de 17 de Marzo, por el que se aprueba el Código técnico de la Edificación. (BOE núm. 74, martes 28 marzo 2.006):

- Documento Básico DB HE: Ahorro de energía.
- Exigencia básica HE 4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.

Real Decreto 919/2006, de 28 de julio, por el que se aprueba el Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus instrucciones técnicas complementarias ICG 01 a 11.

Normas UNE citadas en las anteriores normativas y reglamentaciones, así como todas las que afectan a las instalaciones.

Decreto Foral 298/2001, de 15 de octubre, por el que se dictan normas para la aplicación en Navarra del Real Decreto 909/2001, de 27 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.

Norma UNE 100030 IN: 2005-Guía para la prevención y control de la proliferación y diseminación de la legionela en instalaciones.

Decreto Foral 6/2002, Condiciones aplicables a la implantación y funcionamiento de las actividades susceptibles de emitir contaminantes a la atmósfera.



## NORMATIVA DE CARÁCTER GENERAL

### *Ley de Ordenación de la edificación*

Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de la Jefatura del Estado. Estado. B.O.E.: 6 de noviembre de 1999.

Modificada por:

*Modificación de la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación*

Artículo 82 de la Ley 24/2001, de 27 de diciembre, de Medidas Fiscales, Administrativas y del Orden Social, de la Jefatura del Estado.

B.O.E.: 31 de diciembre de 2001

Modificada por:

*Modificación de la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación*

Artículo 105 de la Ley 53/2002, de 30 de diciembre, de Medidas Fiscales, Administrativas y del Orden Social, de la Jefatura del Estado.

B.O.E.: 31 de diciembre de 2002

*Código Técnico de la Edificación (CTE)*

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 28 de marzo de 2006

Modificado por:

*Aprobación del documento básico "DB-HR Protección frente al ruido" del Código Técnico de la Edificación y modificación del Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación*

Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 23 de octubre de 2007

Corrección de errores:

*Corrección de errores del Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre*

Ministerio de vivienda.

B.O.E.: 20 de diciembre de 2007.

Corrección de errores:

*Corrección de errores y erratas del Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación*

Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 25 de enero de 2008

Modificada por:

*Modificación del Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre*

Real Decreto 1675/2008, de 17 de octubre, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 18 de octubre de 2008

Modificada por:

*Modificación de determinados documentos básicos del Código Técnico de la Edificación aprobados por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, y el Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre*

Orden VIV/984/2009, de 15 de abril, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 23 de abril de 2009

*Código Técnico de la Edificación (CTE). Parte I*

Disposiciones generales, condiciones técnicas y administrativas, exigencias básicas, contenido del proyecto, documentación del seguimiento de la obra y terminología.

Modificada por:

*Modificación del Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación*

Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 23 de octubre de 2007

Corrección de errores:

*Corrección de errores y erratas del Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación*

Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 25 de enero de 2008

*Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción*

Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 31 de enero de 2007

Corrección de errores:

*Corrección de errores del Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción*

Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 17 de noviembre de 2007

*Ley reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción*

Ley 32/2006, de 18 de octubre, de la Jefatura del Estado.

B.O.E.: 19 de octubre de 2006

Desarrollado por:

*Desarrollo de la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción*

## INSTALACIÓN CALEFACCIÓN, CLIMATIZACIÓN Y ACS

*Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE) y sus Instrucciones técnicas (IT)*

Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 29 de agosto de 2007

Corrección de errores:

*Corrección de errores del Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios*

Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 28 de febrero de 2008

## INSTALACION ELÉCTRICAS

*Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Complementarias (ITC) BT 01 a BT 51*

Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

B.O.E.: Suplemento al nº 224, de 18 de septiembre de 2002

Modificado por:

*Anulado el inciso 4.2.C.2 de la ITC-BT-03*

Sentencia de 17 de febrero de 2004 de la Sala Tercera del Tribunal Supremo.

B.O.E.: 5 de abril de 2004

Completado por:

*Autorización para el empleo de sistemas de instalaciones con conductores aislados bajo canales protectores de material plástico*

Resolución de 18 de enero de 1988, de la Dirección General de Innovación Industrial. B.O.E.: 19 de febrero de 1988

*DB SU Seguridad de utilización*

Código Técnico de la Edificación (CTE). Parte II. Documento Básico SU. Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 28 de marzo de 2006

Modificado por el Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 23 de octubre de 2007

Corrección de errores.

B.O.E.: 25 de enero de 2008

Modificado por:

*Modificación de determinados documentos básicos del Código Técnico de la Edificación aprobados por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, y el Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre*

Orden VIV/984/2009, de 15 de abril, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 23 de abril de 2009

## 2. ENERGÍA SOLAR TÉRMICA.

### 2.1 INTRODUCCIÓN.

La energía solar es la energía obtenida mediante la captación de la luz y el calor emitidos por el Sol. La radiación solar que alcanza la Tierra puede aprovecharse por medio del calor que produce a través de la absorción de la radiación, por ejemplo en dispositivos ópticos o de otro tipo. Es una de las llamadas energías renovables, particularmente del grupo no contaminante, conocido como energía limpia, aunque, al final de su vida útil, los paneles pueden suponer un residuo contaminante difícilmente reciclable al día de hoy. La energía solar es muy beneficiosa ya que no contamina y da luz (solar fotovoltaica) y calor (solar térmica). La potencia de la radiación varía según el momento del día, la latitud, la estación del año y muy especialmente las condiciones atmosféricas que la amortiguan. En los días nublados disminuirá considerablemente la intensidad de la radiación y por lo tanto el aporte energético que pueda recibir una instalación de energía solar térmica. Esto no quiere decir que en zonas donde hay menos horas de sol la energía solar constituya un aporte energético desdeñable. La suma de la radiación solar directa y la radiación difusa será lo que tendremos en cuenta para ver el aporte real a nuestra instalación. Por radiación solar directa entendemos aquella que llega a la superficie sin haber sufrido cambios de dirección (por ejemplo, la luz cegadora al mirar el Sol), mientras que con radiación difusa nos referimos a la que llega a la superficie sin orientación determinada (días cubiertos). Se puede asumir que en buenas condiciones de radiación el valor es de aproximadamente 1000 W/m<sup>2</sup> en la superficie terrestre.

En el caso concreto de España se juntan todos los requisitos para ser uno de los países europeos con mayor capacidad para recoger la energía del Sol: una situación geográfica privilegiada, con una climatología envidiable. Situada entre los 36° y los 44° latitud Norte, nuestro país recibe una intensidad de radiación solar muy superior a la de otras regiones del planeta (incluso por encima de las zonas ecuatoriales). Además, España se ve particularmente favorecida con respecto a otros países de Europa por la gran cantidad de días sin nubes que disfruta al año.

## 2.2 PRINCIPIO BÁSICO DE APROVECHAMIENTO.

La energía solar térmica aprovecha la radiación del Sol para calentar un fluido que, por lo general, suele ser agua o aire. La capacidad de transformar los rayos solares en calor es, precisamente, el principio elemental en el que se basa esta fuente de energía renovable.

Cualquier materia experimenta un aumento de temperatura de modo natural al estar expuesta a la radiación solar. Mientras una superficie negra absorberá toda la radiación visible (por esa razón la vemos negra), una blanca reflejará toda la radiación que llega hasta su superficie, por lo que su incremento de temperatura será muy poco significativo. En el caso de una instalación térmica, los captadores solares se valdrán de superficies de color oscuro para absorber la mayor cantidad de radiación solar posible. Así, en días soleados, bastará con que los rayos solares incidan directamente sobre nuestro sistema de captación para obtener el aporte energético que necesitamos para su uso en muy diversas aplicaciones. Eso sí, habrá que evitar que la energía obtenida pueda perderse instantes después si realmente queremos sacar provecho de esta fuente de energía.

Con el objetivo de evitar fugas de energía, los sistemas de captación solar imitan el proceso natural que tienen lugar en la Tierra, conocido como “efecto invernadero”.

Cualquier sistema de captación solar se basará, pues, en combinar el “efecto de cuerpo negro” con el “efecto invernadero”, con lo que, por un lado, se consigue aprovechar gran parte de la radiación que llega hasta una instalación solar, y por otro, impedir la fuga de calorías una vez ganadas.

## 2.3 TIPOS DE INSTALACIONES.

Hay muchas maneras de aprovechar la energía térmica de los rayos solares, y dependiendo del uso y la tecnología utilizada, podremos conseguir resultados muy diversos: desde el calentamiento de agua para fines domésticos, pasando por la producción de calor en procesos industriales, hasta la generación de electricidad en pequeñas centrales, o incluso en grandes plantas de producción eléctrica.

Según el rango de temperaturas de funcionamiento, las instalaciones pueden clasificarse en tecnologías de baja, media o alta temperatura. Siendo los sistemas de baja temperatura los que mayor implantación tienen en la actualidad, ya que se basan en una tecnología completamente desarrollada y comercializada a todos los niveles, será ésta la que analicemos brevemente, por ser la utilizada en el proyecto.

La energía solar denominada de baja temperatura es la que acostumbramos a utilizar en el ámbito doméstico y suele instalarse en azoteas de vivienda o edificios comerciales. El procedimiento en el que se basan estos sistemas de captación solar es muy simple, pero a la vez de gran utilidad para el hombre por los servicios que ofrece en multitud de aplicaciones.

Por aprovechamiento de baja temperatura se entiende todos aquellos sistemas de energía solar en los que el fluido calentado no sobrepasa los 100 °C. Estas instalaciones se caracterizan por emplear como elemento receptor de energía un captador fijo de placa plana o un captador solar de vacío.

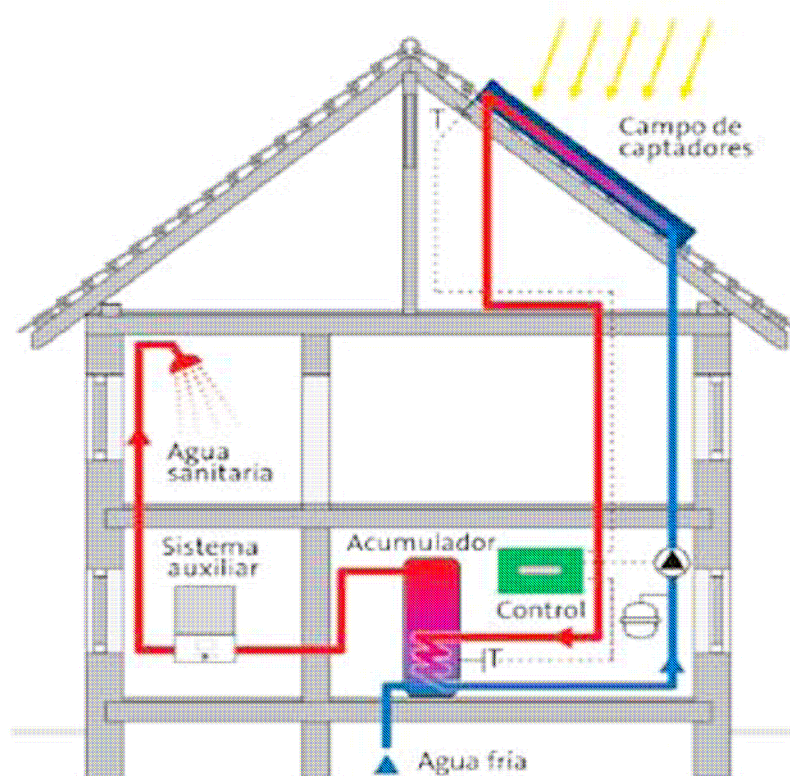
Entre las utilizaciones más extendidas basadas en esta fuente de energía de baja temperatura figuran la producción de agua caliente sanitaria, la calefacción de edificios, la climatización de piscinas, etc.

## 2.4 FUNCIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN.

A grandes rasgos, el principio elemental en el que se fundamenta cualquier instalación solar térmica es el de aprovechar la energía del Sol mediante un conjunto de captadores y transferirla a un sistema de almacenamiento, que abastece el consumo cuando sea necesario.

En la actualidad, una instalación de energía solar cubre del 50 al 80% del total de la demanda de agua caliente sanitaria de una vivienda, aunque en zonas de gran soleamiento a lo largo del año (por ejemplo el sur de España), el porcentaje de aporte puede ser superior. El resto se suple con un sistema de apoyo energético. La razón por la que las instalaciones solares no se diseñan para cubrir el 100% del consumo es porque, de hacerse así, sería necesario instalar costosos sistemas de acumulación de energía a largo plazo que harían económicamente inviable este tipo de equipos.

El funcionamiento de la captación de energía solar térmica se basa en lo siguiente: el primer paso es captar los rayos solares mediante colectores o paneles solares, después a través de este panel solar hacemos pasar agua u otro fluido de características similares, de esta manera una parte del calor absorbido por el panel solar es transferido al agua y de esta forma ya puede ser directamente usada o almacenada para que hagamos uso de ella cuando lo necesitemos.



## 2.5 VENTAJAS E INCONVENIENTES.

Las principales ventajas medioambientales de la energía solar térmica de baja temperatura, aquella que utilizamos en el ámbito de la vivienda, son:

- Se trata de una energía que proviene directamente del Sol.
- No emite gases contaminantes perjudiciales para la salud.



- No emite gases de efecto invernadero que provocan el cambio climático.
- No produce ningún tipo de desperdicio o residuo peligroso de difícil eliminación.
- No produce efectos significativos sobre la flora y la fauna, a no ser que hagamos referencia a las instalaciones de alta temperatura, que suelen ocupar una gran extensión de terreno.
- Su impacto sobre el medio ambiente es mínimo, y de producirse alguno ocurre exclusivamente durante la fase de fabricación de los equipos.
- Este tipo de instalaciones no dejan huella ecológica cuando finaliza el periodo de explotación.
- Es una energía que no corre peligro de agotarse a medio plazo, puesto que su fuente productora es el Sol.
- No requiere costosos trabajos de extracción, transporte o almacenamiento.

Un elemento específico de la energía solar térmica, que la diferencia de otras fuentes de energía tanto convencionales como renovables, es que se genera directamente en los puntos de consumo, por lo que no requiere transporte ni creación de infraestructuras.

La energía solar también contribuye eficazmente a la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, responsables del calentamiento global del planeta. Se calcula que con el uso de una instalación solar para la producción de agua caliente sanitaria, una familia puede evitar, de media, la emisión de una tonelada de CO<sub>2</sub> al año.

A la larga lista de beneficios ambientales, económicos y de eficiencia energética, hay que añadir los sociales. La energía solar térmica genera una actividad económica y, como tal, contribuye a la creación de empleo, en especial al impulso de empresas de carácter local.

El principal inconveniente es que es una energía intermitente, es decir, habrá días que no salga el sol y por tanto el rendimiento de la instalación bajará mucho. También es intermitente en función de la estación del año. Cabe destacar el impacto visual sobre el paisaje, por lo que es conveniente tener especial cuidado en su integración en el entorno, así como en su adaptación a los edificios.

## 2.6 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN.

El sistema de distribución es el que se encarga de transportar el fluido caliente contenido en los captadores solares hasta el punto de consumo. Existen diferentes circuitos de distribución, dependiendo de las necesidades que pretendamos satisfacer o las condiciones climáticas del lugar donde vamos a realizar la captación.

En España, los más utilizados para viviendas son los sistemas de distribución de circuito cerrado, ya sean con termosifón o circulación forzada. Es decir, aquellos que cuentan con un sistema de doble circuito en el que el fluido que transita por el captador es diferente al que corre a través del tanque de almacenamiento.

- Instalaciones de circuito abierto. Estos sistemas transfieren directamente el agua caliente producida en el captador solar hacia el depósito de acumulación. El funcionamiento de estos equipos es muy simple: cuando el captador es calentado por el Sol, el agua aumenta de temperatura desplazándose hacia arriba. Una vez en el depósito de almacenamiento, éste se vacía con una cantidad equivalente de agua más fría que se dirige al captador. La principal ventaja de los sistemas de estas características es que resultan más económicos, más sencillos de fabricar, de instalar e incluso obtienen mejores rendimientos energéticos. Por el contrario,

el principal inconveniente de las instalaciones de circuito abierto es que al utilizar como único fluido de circulación el agua se corre el riesgo de rotura en periodos de heladas o la posibilidad de graves problemas de incrustaciones por la calidad de las aguas. Para evitar este tipo de problemas, en el caso de las obstrucciones en el sistema de captación habrá que utilizar ciertos aditivos o dispositivos electrónicos. Por su parte, ante las heladas estacionales será necesario vaciar el circuito durante la época más fría del año, ya que el volumen del hielo es mayor que el del agua líquida y puede llegar a producir daños importantes en el equipo. Por este motivo, las instalaciones de circuito abierto son empleadas en lugares donde no se dan heladas a lo largo del año.

- Instalaciones de circuito cerrado. En este caso existen dos circuitos: el circuito primario del sistema captador y el circuito secundario donde se encuentra el sistema de almacenamiento. En el circuito primario se introduce un líquido especial que circula por dentro del captador y transmite calor al agua del tanque de almacenamiento por medio de un intercambiador de calor. Lo que se pretende con el sistema de doble circuito es evitar que el agua del depósito se pueda mezclar con el líquido del captador. Así, es posible colocar un componente anticongelante que permita su uso en zonas donde las temperaturas bajen de cero grados.
  - *Circulación forzada de agua.* Los sistemas de circulación forzada están basados en una bomba de impulsión movida por un aporte exterior de energía eléctrica; un gasto que deberemos tener en cuenta a la hora de optar por este tipo de mecanismos. La bomba de circulación colocada en el sistema de captación tiene como principal función transferir el fluido circulante más rápidamente, impidiendo así que se pueda perder parte de las calorías ganadas en el proceso de distribución. La utilización de esta bomba también permite interrumpir la transferencia de calor cuando el agua de los captadores no circule más caliente que la que se encuentra en el depósito. Este sistema es muy común en climas fríos, donde cualquier pérdida de calorías puede restar eficacia a la instalación solar. Este tipo de circulación se utiliza para instalaciones solares de cualquier tamaño.
  - *Circulación natural o con termosifón.* Estos sistemas tienen la ventaja de no contar con bombas de impulsión, aprovechando la circulación natural del agua caliente, que por naturaleza tiende a ascender. Los sistemas con termosifón son muy utilizados en áreas geográficas con climas más cálidos. Estos sistemas de circulación sólo se utilizan para instalaciones solares pequeñas.

## 2.7 ALMACENAMIENTO.

Sin duda, la energía que se recibe del Sol no siempre coincide con las épocas de mayor consumo. Por ese motivo, si se quiere aprovechar al máximo la energía que nos concede el Sol, será necesario acumular la energía en aquellos momentos del día que más radiación existe, para utilizarla posteriormente cuando se produzca la demanda.

Por norma general, darán mejores resultados aquellos depósitos que tienen forma cilíndrica, en proporciones de uno de ancho por dos de alto. Esto se debe al fenómeno de estratificación por el que el agua caliente disminuye su densidad y tiende a ascender

por encima del agua fría, que pesa más. Cuanto mayor sea la altura del depósito, mayor será también la diferencia de temperatura entre la parte superior e inferior del tanque de almacenamiento.

Del mismo modo, también será importante tener en cuenta la capacidad de acumulación del depósito a utilizar, que deberá mantener un equilibrio conforme a la superficie de captación solar. Si el depósito fuera demasiado pequeño se desperdiciaría parte de la energía obtenida, mientras que si fuera demasiado grande no conseguiríamos alcanzar las temperaturas adecuadas de funcionamiento.

Pueden encontrarse muchos tipos de depósitos para agua caliente en el mercado, siendo los materiales de construcción más adecuados el acero, el acero inoxidable, el aluminio y la fibra de vidrio reforzado. La adecuada elección del material de construcción tiene especial importancia porque uno de los problemas más importantes de las instalaciones solares es la calidad del agua, que puede producir corrosiones en el tanque de almacenamiento. En general no es aconsejable efectuar una instalación solar con dos materiales de distinta naturaleza, ya que se favorece la creación de pares galvánicos. Los depósitos acumuladores, con el fin de disminuir las pérdidas, están recubiertos de un material aislante, pudiendo además recubrirse con una funda para incrementar su durabilidad.

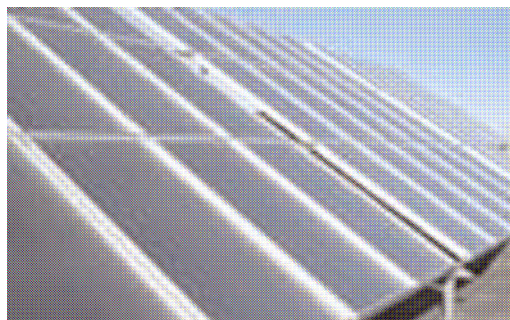
## 2.8 ELEMENTOS DE UNA INSTALACIÓN.

Los componentes principales de la instalación serán:

1. **Captador solar:** El captador se expone al sol, lo que produce un aumento de temperatura. En el interior de la placa se encuentra un circuito de tubos, por el que circula un fluido. Éste se calienta en contacto con el captador y es conducido a través de un circuito hidráulico a donde sea necesario.

Aunque los más comunes son los captadores planos, que utilizan como fluido el agua, en la actualidad también se comercializan otros tipos de captadores que cuentan con gran aceptación en el mercado. Entre ellos cabe destacar el captador solar de vacío, que consigue temperaturas más elevadas de funcionamiento, y los captadores solares de aire, que se utilizan fundamentalmente en los climas fríos para calentar el espacio. A continuación se detallan algunas de las características de los captadores solares más empleados hoy en día para aprovechar la energía térmica de baja temperatura, o sea, la que se utiliza convencionalmente para uso doméstico y que trabaja con temperaturas que no sobrepasan los 100 °C de temperatura.

El principio de funcionamiento del captador plano se basa en una “trampa de calor” que conjuga el “efecto de cuerpo negro” con el “efecto invernadero”. Gracias a este sistema de captación se consigue absorber la mayor parte de la radiación solar que llega hasta la superficie y devolver la menos posible.





Los captadores planos, destinados por lo general a la producción de agua caliente sanitaria, están recubiertos de una caja herméticamente cerrada. En la cara superior de esta caja se coloca una superficie acristalada que deja atravesar la radiación solar e impide que se pierda la ganancia térmica obtenida. Generalmente la carcasa que envuelve al equipo de captación es metálica, aunque en algunos casos puede ser de plástico especial o de algún otro material.

En el interior del sistema captador se encuentra la placa absorbedora, que es el lugar donde se realiza la captación de la radiación solar propiamente dicha. Fabricada con materiales que conducen bien el calor (aluminio, cobre, planchas metálicas...), esta placa tiene un funcionamiento parecido al de un radiador: con una disposición de tubos que cuentan con una toma por donde entra el fluido a calentar y otra de salida. Pese a que existe un gran número de diferentes configuraciones de tubos internos, los tradicionales suelen utilizar los de tipo serpentina o los de tubo paralelo. Estos consisten en varios tubos de cobre, orientados en forma vertical con respecto al captador, en contacto con una placa de color oscuro que transfiere el calor al fluido circulante. El contacto entre la placa absorbedora y el tubo por donde circula el fluido no tiene porqué ser un elemento crítico del captador siempre que esté bien sellado con cualquiera de las técnicas de soldadura disponibles en estos momentos en el mercado.



Imagen: Captador de serpentin

Las dimensiones de los captadores solares son muy diversas y van desde los 0,5 m<sup>2</sup> los más pequeños, hasta los 8 m<sup>2</sup> los más grandes, siendo la medida más habitual en torno a los 2 m<sup>2</sup>.

En cuanto al rendimiento de los captadores solares, resulta difícil precisar qué cantidad de energía se podrá obtener en cada momento, puesto que este tipo de captadores de baja temperatura carecen de cualquier forma de seguimiento de la posición del Sol a lo largo del día, y captan tanto la radiación directa como la difusa con resultados muy variables.

Similares a los captadores planos, los captadores solares de vacío pueden llegar a ser más eficientes en unos determinados rangos de temperatura, aunque también más costosos. Estos captadores consiguen sacar el máximo provecho a las instalaciones térmicas, que trabajan a temperaturas por encima de los 60 °C.

La principal diferencia respecto a los planos reside en los conductos que absorben la energía del Sol. Éstos están recubiertos de un tubo al vacío que deja pasar la radiación solar, a la vez que evita las pérdidas de energía con mayor precisión que otros sistemas de captación.

En cualquier caso, a la hora de decantarnos por uno u otro captador, lo primero a considerar es cuál de ellos se adapta mejor a nuestras circunstancias y para qué aplicación lo vamos a utilizar. En general, para las condiciones medias de España y para la producción de agua caliente sanitaria, los captadores planos son suficientes para dar servicio en unas condiciones óptimas para un aporte del 50-80%.

Existen requisitos a cumplir por los captadores en la Especificaciones Técnicas:

- El material de la cubierta transparente debe ser vidrio normal o templado (para evitar degradaciones) y de espesor no inferior a 3 mm (para evitar roturas).
- Distancia entre el absorbedor y la cubierta transparente de entre 2 y 4 cm.
- El material del absorbedor será metálico de cobre. Con esto se pretende evitar el uso indiscriminado de materiales plásticos.
- El captador llevará un orificio de ventilación de diámetro no inferior a 4 mm situado en la parte inferior para que puedan eliminarse las acumulaciones de agua. Esto debe hacerse de manera que no afecte al aislamiento.
- No podrán utilizarse captadores de más de un vidrio. La utilización de más de una cubierta encarece los captadores y no aporta mayores beneficios.
- La carcasa da rigidez al conjunto y debe evitar la presencia del agua en el interior. Este es uno de los mayores problemas, ya que se pueden producir condensaciones bajo el cristal, emparar el aislamiento y corroer el absorbedor.

La durabilidad de los captadores solares es un factor decisivo en la selección de estos, máxime si se pretende que duren, como mínimo, 20 años. Hoy en día, se dispone de información y experiencia suficientes sobre el tema y existen en el mercado captadores plenamente fiables.

- 2. Acumulador:** El acumulador es un depósito donde se acumula el agua calentada útil para el consumo. Tiene una entrada para el agua fría y una salida para la caliente. La fría entra por debajo del acumulador donde se encuentra con el intercambiador, a medida que se calienta se desplaza hacia arriba, que es desde donde saldrá el agua caliente para el consumo. Son del mismo tipo que los utilizados para producción de agua caliente sanitaria en sistemas convencionales.

El diseño de los depósitos debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Forma y disposición del depósito.
- Resistencia del conjunto a la máxima presión y temperatura.
- Tratamiento interno de materiales en contacto con agua sanitaria.
- Aislamiento y protección para evitar pérdidas de calor.
- Situación de conexiones de entrada y salida.
- Medidas para favorecer la estratificación y evitar la mezcla de agua fría con caliente.
- Previsión de corrosiones y degradaciones.

Los principales problemas que pueden tener son de corrosión, que se producen por efecto del exceso de temperatura, la aparición de pares galvánicos y por el oxígeno y sales disueltos en el agua.

3. **Intercambiador:** Se utilizan para evitar incrustaciones calcáreas en captadores, para eliminar posibles problemas de corrosión, para permitir el uso de anticongelante como sistema anti-helada o para usar colectores con presión de trabajo inferior a la red.

Los habitualmente utilizados, incorporados al acumulador son:

- Intercambiadores sumergidos en el interior del depósito, serpentín, horquilla y anular.
  - Intercambiadores de calor constituidos por una doble envolvente del depósito.
4. **Bomba circuladora:** La bomba circuladora se utiliza en las instalaciones de circulación forzada para producir el movimiento de fluido entre captadores y acumulador.  
Las bombas se caracterizan por las condiciones de funcionamiento representadas, para un determinado fluido de trabajo, por el caudal volumétrico y la altura de impulsión o manométrica.
5. **Vaso de expansión:** Su función es absorber la dilatación del agua en el circuito primario. En sistemas cerrados, se utilizan vasos de expansión de membrana presurizados por nitrógeno o aire.
6. **Tuberías:** Se instalarán lo más próximas posible a los paramentos, dejando el espacio necesario para manipular el aislamiento, válvulas, etc. La instalación de las tuberías de cobre se realizará teniendo en cuenta las mismas normas que en cualquier obra de fontanería.  
Las conexiones de los equipos a redes de tuberías se harán siempre de forma que la tubería no transmita ningún esfuerzo mecánico al equipo, debido al propio peso, ni el equipo a la tubería, debido a vibraciones. Las conexiones deberán ser fácilmente desmontables por medios de acoplamiento por bridas o roscadas, a fin de facilitar el acceso al equipo en caso de sustitución o reparación. Los elementos accesorios del equipo, como válvulas de regulación, instrumentos de medida y control, etc. deberán instalarse antes de la parte desmontable de la unión hacia la red de distribución.  
Las dilataciones que sufren las tuberías al variar la temperatura del fluido deben compensarse a fin de evitar roturas en los puntos más débiles, que suelen ser las uniones entre tuberías y equipos, donde suelen concentrarse los esfuerzos de dilatación y contracción. En los trazados de tuberías de gran longitud, horizontales o verticales, se compensarán los movimientos de tuberías mediante dilatadores axiales.
7. **Aislamiento:** Las tuberías, depósitos y accesorios hidráulicos de una instalación solar térmica mantienen temperaturas superiores al ambiente durante el funcionamiento, perdiendo calor por conducción a través de las uniones del sistema a tierra y por convección y radiación al ambiente. Las pérdidas por radiación son, en general, pequeñas y las de convección las más importantes. Las pérdidas de calor son causa importante de reducción del rendimiento y obligan a aislar la instalación con el fin de minimizarlas.

**8. Valvulería:** La elección de las válvulas se realizará, de acuerdo con la función que desempeñan y las condiciones extremas de funcionamiento (presión y temperatura):

- Aislamiento: válvulas de esfera.
- Equilibrado de circuitos: válvulas de asiento.
- Vaciado: válvulas de esfera o macho.
- Llenado: válvulas de esfera.
- Purga de aire: válvulas de esfera o de macho.
- Seguridad: válvulas de resorte.
- Retención: válvulas de disco o de placeta.

No se permitirá el uso de las válvulas de compuerta. Se hará un uso limitado de las válvulas para el equilibrado de los circuitos, debiéndose concebir circuitos de por sí equilibrados en la fase de diseño.

**9. Equipos de regulación y control:** En instalaciones con circulación forzada, se utiliza el control diferencial de temperaturas para activar la bomba en función de las temperaturas de salida de colectores y del acumulador.

En ningún caso las bombas estarán en marcha con diferencias de temperaturas menores de 2°C ni paradas con diferencias superiores a 7°C. El sistema de control incluirá señalizaciones luminosas de la alimentación del sistema del funcionamiento de bombas. El rango de temperatura ambiente de funcionamiento del sistema de control será, como mínimo, entre -10 y 50°C.

En el diseño de la instalación debe cuidarse la ubicación de sondas de forma que se detecten exactamente las temperaturas que se desean, instalándose los sensores en el interior de vainas y evitándose las tuberías separadas de la salida de los captadores y las zonas de estancamiento en los depósitos.

**10. Purga de aire:** Debe prestarse especial atención a impedir la formación de bolsas de aire atrapadas en el circuito que impidan la circulación. En este sentido hay que tener en cuenta:

- Evitar la formación de sifones.
- Situar purgadores de aire en las zonas altas.
- Montar las bombas en tramos verticales, de forma que se impida la formación de bolsas de aire en el interior de las mismas.
- No bajar la velocidad de circulación de tuberías de 0,6 m/seg.
- En los circuitos cerrados, montar el vaso de expansión a la entrada de la bomba.
- Mantener una presión mínima en el punto más alto de 1,5 Kg/cm<sup>2</sup>.

**11. Vaciado:** Deben situarse conducciones de drenaje en los puntos más bajos de la instalación, de forma que se posibilite el vaciado total o parcial de las zonas que se configuren en la instalación.

**12. Llenado:** Los sistemas cerrados deben incorporar un sistema de llenado automático o manual que permita llenar el circuito y mantenerlo presurizado. El llenado es conveniente realizarlo por la parte inferior del circuito, de forma que se evite la

formación de bolsas de aire retenidas durante el llenado. Los sistemas que requieren anticongelante deben incluir un sistema que permita el relleno manual del mismo.

## 2.9 APLICACIONES Y USOS.

Las aplicaciones de la energía solar térmica son muy amplias y cada día se avanza más en este sentido. En la actualidad la energía solar térmica es utilizada para:

- Calentar el agua de uso domestico para la ducha, fregar platos, lavarse las manos, etc.
- Calefacción por suelo radiante o radiadores.
- Calentar el agua de las piscinas de exterior o interior.
- Hacer funcionar aparatos de refrigeración.
- Secaderos de productos agrícolas.
- Uso industrial, por ejemplo en hornos solares.
- Refrigeración por medio de energía solar.
- Transformar este calor en energía eléctrica.
- Desalinización mediante energía solar.

Analizaremos brevemente su aplicación más extendida, y la que nos interesa, la producción de agua caliente sanitaria.

En la actualidad la energía solar térmica ofrece una solución idónea para la producción de agua caliente sanitaria, al ser una alternativa completamente madura y rentable. Entre las razones que hacen que esta tecnología sea muy apropiada para este tipo de usos, cabe destacar los niveles de temperaturas que se precisan alcanzar (normalmente entre 40 y 45 °C), que coinciden con los más adecuados para el buen funcionamiento de los sistemas solares estándar que se comercializan en el mercado. Además, hacemos referencia a una aplicación que debe satisfacer a lo largo de todo el año, por lo que la inversión en el sistema solar se rentabilizará más rápidamente que en el caso de otros usos solares, como la calefacción, que sólo tienen utilidad durante los meses fríos.

Para satisfacer la mayor parte de las necesidades de agua caliente, el propietario de una vivienda familiar tendrá que instalar una superficie de captación de 2-4 m<sup>2</sup> y un depósito de 100-300 litros, en función del número de personas que habiten en la vivienda y la zona climática española en la que se encuentre.

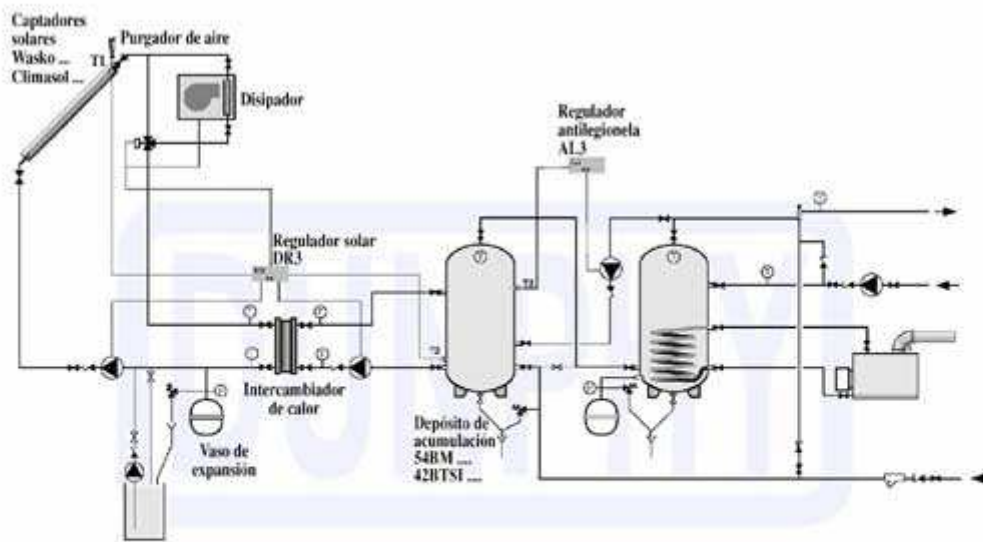
## 2.10 DISEÑO GENERAL DE LA INSTALACIÓN.

La instalación de ACS consta de un circuito primario y otro secundario que suministra la energía auxiliar necesaria. El circuito primario es el comprendido entre los colectores solares y el depósito acumulador. El primario está controlado a través de la unidad de regulación del circuito primario, gracias a la información que éste recibe de las sondas de temperaturas situadas a las salidas de los colectores, en el depósito acumulador y en el retorno del circuito. Además de estos elementos básicos, consta del circulador para mantener la circulación del fluido constante, y un vaso de expansión, para absorber el aumento del volumen de agua que se produce al calentar el contenido del circuito primario.

Los colectores solares, al igual que el resto de los elementos de la instalación, se encuentran aislados mediante válvulas de esfera, para facilitar las posibles reparaciones y mantenimiento de la instalación.

El circuito secundario es el comprendido entre el generador de energía auxiliar (caldera de biomasa) y el depósito acumulador, el cual incorpora un segundo serpentín que actúa de intercambiador de calor. Este circuito es el encargado de aportar la energía que no puede cubrir el primario.

Por último está el circuito de ACS que parte desde el depósito de acumulación, hasta los diferentes puntos de consumo que se encuentran dentro de la vivienda. También este circuito tiene una bomba de circulación encargada de poder suministrar agua caliente a todos los puntos.



Aquí se muestra un ejemplo del diseño de una instalación realizada por el Grupo Prosolar. En este caso se colocó en Baena (Córdoba), un sistema de producción de agua caliente sanitaria combinando equipos solares térmicos con una caldera de biomasa. La compañía llevó a cabo esta instalación de aplicación industrial acorde con las novedosas técnicas utilizadas en la planta de una empresa de tratamiento de alpechines en Baena (Córdoba). El objetivo de la instalación, cofinanciada por la Unión Europea, es lograr una drástica reducción del consumo energético en procesos industriales. El Grupo Prosolar se decantó por una combinación de equipos en que se prioriza la obtención de energía a través de paneles solares térmicos y se utiliza como apoyo otra fuente renovable como la biomasa.

Las principales ventajas que ofrece dicha instalación son la independencia absoluta de las fuentes de energía tradicionales, tales como el gas o el gasoil, y, sobre todo, importantes ventajas en términos de ahorro económico.

## 2.11 MANTENIMIENTO.



Como ocurre con cualquier otra tecnología, la situación y conservación del equipo dependerá del uso que se haga de él. Con un breve seguimiento rutinario será suficiente para poder garantizar el correcto funcionamiento del sistema durante toda su vida útil.

Las revisiones a cargo del propietario consistirán en observar los parámetros funcionales principales, para verificar que no se ha producido ninguna anomalía con el paso del tiempo. Por su parte, la empresa instaladora tendrá la responsabilidad de intervenir cuando se produzca alguna situación anormal y efectuar un mantenimiento preventivo mínimo periódicamente. Este mantenimiento implicará la revisión anual de aquellas instalaciones con una superficie de captación inferior a 20 m<sup>2</sup>, o una revisión cada seis meses para instalaciones con superficie de captación superior a 20 m<sup>2</sup>. (Frecuencia especificada por el Código Técnico de la Edificación).

En las revisiones que lleve a cabo la empresa instaladora no se contempla la inspección del sistema de energía auxiliar propiamente dicho. Dado que no forma parte del sistema de energía solar, sólo será necesario realizar las actuaciones previstas para asegurar el buen funcionamiento entre ambos sistemas, así como comprobar el correcto estado de sus conexiones, derivando a la empresa responsable del sistema adicional la inspección del mismo.

## 2.12 SITUACIÓN ECONÓMICA.

Durante los últimos años las instalaciones de energía solar térmica no han experimentado una alteración sustancial de precios, ni es previsible que lo hagan en los próximos años. Las posibles rebajas en este tipo de instalaciones pueden venir motivadas por las mejoras en el proceso de fabricación de los captadores solares, o por una disminución de los precios de venta al público como consecuencia del crecimiento de mercado.

El coste de implantación de la energía solar térmica es variable en función de múltiples factores, como pueden ser el tipo de aplicación (piscinas, agua caliente sanitaria, calefacción, refrigeración...), el tamaño de la instalación, la tecnología utilizada (captadores planos o de vacío) o si la instalación se realiza a la vez que la construcción del edificio o se trata de una vivienda edificada. Todos estos factores influyen en el coste final de una instalación.

La energía proviene del Sol, por lo tanto, lo que supone un desembolso extraordinario es la adquisición y montaje de la instalación para la producción de agua caliente sanitaria en una vivienda, hotel... No obstante, esta inversión se compensará con creces en pocos años, al sustituir una energía convencional por otra mucho más económica. Desde el mismo momento en que pongamos en marcha nuestra instalación solar, la factura del gas o la electricidad destinada a la producción de agua caliente sanitaria bajará. Esto se traduce en ahorros medios de entre unos 75 a 150 euros al año en una economía familiar, en función del combustible que se sustituya.

Otra de las ventajas de la energía solar es que esta tecnología nos ayudará a disminuir nuestra dependencia energética del exterior que, al fin y al cabo, es un buen método de garantizar el suministro de energía con total autonomía. Además, hay que tener en cuenta que esta fuente de energía no está sujeta a fluctuaciones de mercado y que los precios no oscilan en relación al coste de la vida, o cualquier otra circunstancia.

La vida media de una instalación de energía solar térmica es de unos veinticinco años, aunque actualmente se tiende a diseñar equipos con una duración de treinta años de vida útil. El plazo habitual de amortización está entre los diez y los quince años. De esta manera, si tenemos en cuenta que la vida útil de la instalación supera los 25 años, se puede decir que tendremos agua caliente de forma gratuita durante mucho tiempo.

En el tema de gastos de operación o de mantenimiento, podemos afirmar que una instalación solar bien diseñada y correctamente instalada no tiene por qué ocasionar problemas al usuario. De hecho, las labores de mantenimiento que son necesarias realizar, tienen un alcance parecido a las de cualquier otro tipo de sistemas de calefacción o de agua caliente sanitaria de fuentes convencionales.

Por todas estas razones, concluimos este apartado diciendo que la energía solar, como hemos visto, es rentable en sí misma.

## **2.13 COLOCACIÓN.**

El captador solar estará ubicado en la cubierta de la vivienda, con lo que eliminaremos toda posibilidad de pérdidas por sombras. La inclinación de la placa será la de la latitud geográfica, 42°. Respecto a la orientación, lo más extendido es que el captador esté integrado arquitectónicamente, no obstante, eso reduciría el rendimiento. Analizando las opciones, al estar la vivienda situada fuera de recinto urbano, podremos orientarla directamente al sur. El inconveniente de esta decisión es el aumento de la inversión inicial, al tener que colocar fijaciones. Pese a ello, se aprovechará la placa mucho más y de este modo conseguiremos un ahorro sustancial.

En cuanto a la colocación del resto de elementos hidráulicos, como se verá en los planos, irá en la sala de calderas.

## **2.14 DIMENSIONADO.**

### **2.14.1 Captador solar.**

Para absorber de la forma más eficiente posible la radiación solar y transformarla en energía térmica utilizable mediante su transparencia al fluido caloportador, existen distintos modelos posibles, pero entre los más usuales están:

- Dos placas metálicas separadas unos milímetros entre las cuales circula el fluido caloportador.
- Placa metálica sobre la cual están soldados o embutidos los tubos por los que circula el fluido caloportador.
- Dos láminas de metal unidas a gran presión excepto en los lugares que forman el circuito del fluido caloportador.

Para establecer la superficie de captación solar hay que tener en cuenta los siguientes factores:

1. Ubicación.
2. Tipo y ocupación del edificio.
3. Disposición de los paneles y tipo de cubierta.
4. Rendimiento del colector (panel) seleccionado.

Como se muestra en el anexo de los cálculos, para los requerimientos de la vivienda, será necesaria únicamente una placa solar térmica de unos 2 metros cuadrados. Por ello, se ha elegido un captador de la marca FAGOR, modelo SOLARIA 2.1 AL. Al disponer de una cubierta de amplia superficie, una solución alternativa sería la colocación de más de un captador solar. Con esto conseguiríamos más energía. No obstante, esa idea la desechamos porque al no estar en zona urbana, buscaremos una limitación de costes y



de obra, y de paso intentaremos buscar más discreción y no afectar en demasía la estética de la vivienda. Además no necesitamos más de un panel, ya que un sobredimensionado de la instalación haría que desperdiciáramos parte de la energía, al producir más de lo que se consume.

### 2.14.2 Sistema de control.

El sistema de control asegura el correcto funcionamiento de la instalación, facilitando un buen aprovechamiento de la energía solar captada y asegurando el uso adecuado de la energía auxiliar. Se ha seleccionado una centralita de control para sistema de captación solar térmica "THERMOSUN"/SDC 204, con sondas de temperatura con las siguientes funciones:

- Control de la temperatura del captador solar.
- Control y regulación de la temperatura del acumulador solar.
- Control y regulación de la bomba en función de la diferencia de temperaturas entre captador y acumulador.

### 2.14.3 Componentes hidráulicos.

#### 2.14.3.1 Tubería.

Para su selección se deberán tener en cuenta los siguientes aspectos:

1. Compatibilidad con el fluido. En primer lugar se cuidará que el material con el que están fabricadas sea compatible con el fluido a transportar, por lo que no afectarán a su composición ni producirán reacciones con el mismo.
2. Presión de trabajo. Las tuberías deben ser capaces de soportar la presión de trabajo en su instalación.
3. Temperatura de trabajo. Asimismo deben mantenerse estables con las temperaturas de trabajo de las instalaciones.

Los materiales más usados son:

- Cobre: Ampliamente utilizado en instalaciones de todo tipo, siendo el más aconsejable para instalaciones solares, por ser técnicamente idóneo y económicamente muy competitivo. Como características más importantes nos encontramos con una alta resistencia a la corrosión, maleabilidad y conductividad.
- Acero galvanizado: Es el más usado en fontanería de ACS. No se debe utilizar en circuitos en los cuales el fluido vaya a sobrepasar los 65°C. La protección que lleva de Zinc puede sufrir un gran deterioro.
- Acero Negro: Sólo para circuitos primarios que requieran la utilización de gran caudal. No está permitido en instalaciones de ACS.
- Plástico: Características similares a las del cobre, y su uso se está generalizando cada vez más. Su gran problema radica en la gran cantidad de materiales que contiene que muchas veces no se saben sus límites de aplicación.

Las tuberías serán de cobre, debido a su resistencia a la corrosión, facilidad a trabajar con él y que se producen pérdidas de carga más bajas que con otros materiales, obteniéndose diámetros menores para las conducciones. Además, su maleabilidad le hace resistir las heladas.

La tubería de cobre tendrá un diámetro interior de 10 mm. Tendremos una velocidad de 0,29 m/s. Siendo, la mayoría de las veces entre 0.25 m/s y 0.8 m/s. Y el exterior, según la norma, será de 12 mm.

En el documento de cálculos se han realizado las comprobaciones de las siguientes especificaciones para dicho diámetro:

- Pérdida de carga por metro lineal de tubo  $< 40$  mm.c.a.
- Velocidad de circulación del líquido  $< 1,5$  m/s.
- Pérdida de carga total  $< 7$  m.c.a.

### 2.14.3.2 Bomba.

El circuito primario es un circuito cerrado en el cual el agua tiene muy poca agresividad, ya que tras las primeras purgas se le elimina el oxígeno disuelto y habitualmente es un circuito que solo recibe agua nueva en las reparaciones o reposiciones de fugas.

Estos aspectos se tendrán en cuenta a la hora de seleccionar los equipos, todos los fabricantes de bombas en sus catálogos especifican las apropiadas para estos servicios, siendo las más adecuadas las de bronce o acero inoxidable.

Para el cálculo de la bomba de circulación de nuestro circuito primario, es necesario considerar las pérdidas de carga producidas en el colector (facilitado por el fabricante), en el acumulador (igualmente facilitado), y la pérdida de carga total del circuito primario principal (en función de la longitud de tubería), además del caudal.

Con estos datos elegiremos la bomba de circulación que más se adapte a nuestras necesidades. En este caso será de la marca GRUNDFOS, cuyo modelo es UPS 25 - 50.

### 2.14.3.3 Intercambiador.

Los depósitos de acumulación de ACS pueden ser interacumuladores o acumuladores, según contengan o no en su interior al intercambiador. La característica más importante para su selección es el material con el que están fabricados, existiendo tres tipos fundamentales:

- Acero inoxidable.
- Acero con tratamientos especiales, los más habituales con resinas epoxi.
- Acero con esmalte vitrificado, generalmente para pequeños volúmenes.

Otros aspectos básicos para su selección son la presión y la temperatura de trabajo. Los depósitos deben disponer de las siguientes conexiones:

- Entrada de agua de consumo con un deflector que la dirija hacia la parte inferior del depósito, de manera que se reduzca la zona de mezcla favoreciendo la estratificación del agua en su interior.
- Salida del ACS hacia consumo, situada en la parte superior del depósito.
- Vaciado en la parte inferior para la purga de lodos y para la toma de muestras para los análisis de legionela.

- Registro para limpieza, para capacidades inferiores a 750 l se admiten tamaños de registro que permitan la limpieza interior manual. Para capacidades superiores el tamaño mínimo del registro será DN 400, también denominado “Boca de Hombre” ya que permiten el acceso de una persona a su interior.
- Tomas para la conexión de los sistemas de producción, bien con intercambiadores exteriores de placas, o bien con serpentines interiores; estos últimos habitualmente tienen su acceso por la Boca de Hombre, a través de la cual pueden ser extraídos.
- Se requieren otras conexiones para sondas de regulación, termómetros, válvula de seguridad, recirculación de ACS, etc.
- Asimismo, por tratarse de equipos metálicos con riesgo de corrosión, suelen incorporar la posibilidad de protecciones catódicas.

Como nos indica el CTE, al haber 4 personas en la vivienda (30 l/día por persona) deberemos instalar un intercambiador de más de 120 litros. En el catálogo de FAGOR podemos encontrar el ISF-150M1 que cumple con nuestros requerimientos. Se adjuntan las características técnicas.

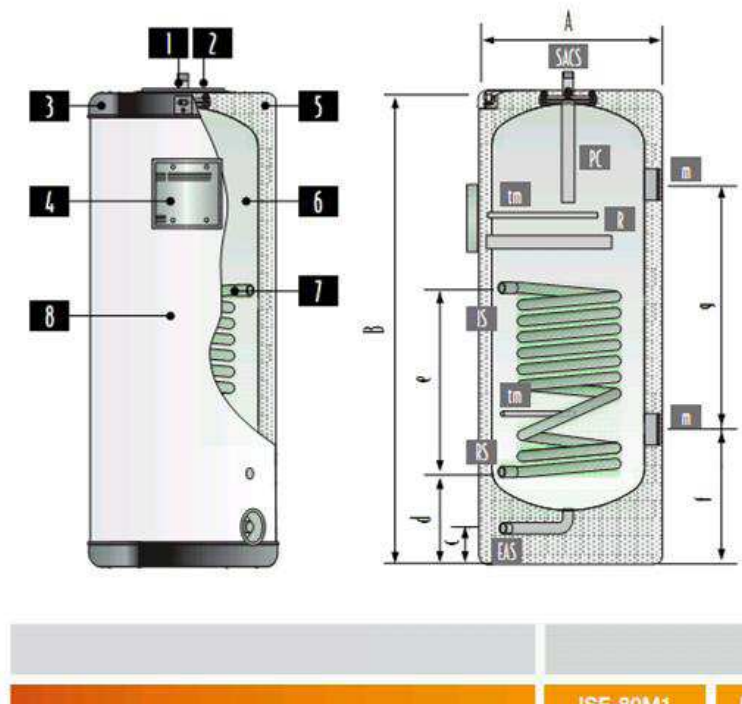
### Componentes

- 1 Medidor de carga del ánodo
- 2 Boca de inspección
- 3 Cubierta superior
- 4 Boca lateral auxiliar
- 5 Aislamiento térmico
- 6 Depósito acumulador A.C.S.
- 7 Serpentin de calentamiento
- 8 Forro externo

### Conexiones

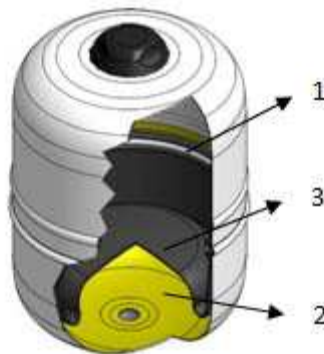
- m Anclajes para la instalación mural
- PC Protección catódica
- tm Vaina de sensores
- R Vaina de resistencia eléctrica
- EAS Entrada agua sanitaria
- SACS Salida agua caliente sanitaria
- RS Retorno solar
- IS Ida solar

NOTA: El conjunto va embalado en caja de cartón reforzado y fletado a palet de madera no retornable.



#### 2.14.3.4 Vaso de expansión.

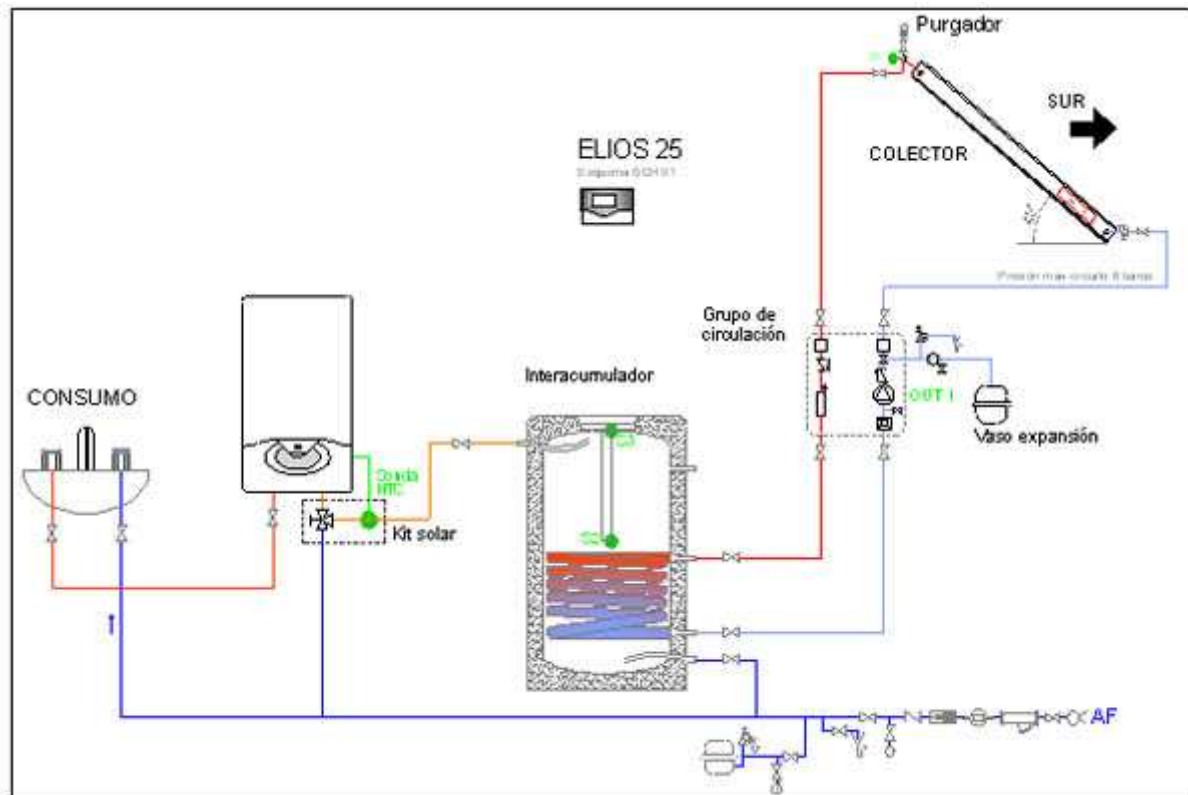
El vaso de expansión es uno de los elementos de seguridad indispensables para que la instalación funcione correctamente, ya que su función es absorber la dilatación del fluido en el momento en el que se sobrecalienta.



En este caso se trata de un recipiente cerrado herméticamente dividido en dos cámaras, una de gas (1) y otra de fluido (2), separadas por una membrana (3). Dicha membrana es flexible y permite que el volumen de las cámaras sea variable en función de las necesidades de cada momento. Con este tipo de vaso de expansión, lo que se pretende es aportar una capacidad extra al circuito, en la que se absorba la expansión del fluido, por lo que debe estar dimensionado para aceptar dicha expansión en las condiciones más desfavorables. En caso contrario el rellenado periódico del fluido va depositando incrustaciones calcáreas en el interior de la instalación, pudiendo producir averías en la misma.

Dentro de los vasos de expansión existen de dos clases, de vaso cerrado o abierto. Los vasos abiertos se encuentran en instalaciones de circuito abierto a la atmósfera y se sitúan en el punto más alto de la instalación. La altura mínima sobre el punto más alto de la instalación, que suelen ser los captadores, debe ser de 2 ó 3 metros. Los vasos de expansión cerrados, funcionan por compresión, de una cámara de gas (aire), contenida en el interior del mismo, separado del agua de la instalación, por una membrana flexible, de esta forma, el agua contenida en la instalación no tiene ningún punto de contacto con la atmósfera. Al aumentar el agua de la instalación por el efecto del aumento de la temperatura, se produce una sobrepresión en el circuito, que es absorbida, por el depósito o vaso de expansión. Al disminuir la temperatura, el volumen del agua se reduce y el depósito devuelve el agua a la instalación. Aquí hemos elegido de vaso cerrado ya que tiene una serie de ventajas con respecto a la de abierto:

- Fácil montaje, ya que puede ubicarse en cualquier sitio de la instalación.
- No es preciso aislarlo.
- Al instalarse en circuitos cerrados no absorben oxígeno del aire.
- Eliminan las pérdidas del fluido caloportador por evaporación.



*Esquema de una instalación solar térmica de circuito cerrado con vaso de expansión.*

Buscando en diferentes catálogos, escogemos el vaso de expansión Ibaiondo 8 CMR, por ser el más cercano a nuestras necesidades según nuestros cálculos (8 litros).

### 2.14.3.5 Aislante.

Es un elemento fundamental de la instalación de energía solar. Los tres lugares en los que se emplea el aislamiento son: en la parte posterior de los colectores, las tuberías y el depósito de almacenamiento de agua caliente.

La elección de un buen aislamiento viene determinada por los siguientes factores:

- Bajo coeficiente de conductividad.
- Bajo coste.
- Facilidad de colocación.
- Gama de temperaturas adecuado.
- Ser ignífugo.
- No ser corrosivo con las superficies con las que esté en contacto.
- Ser estable.
- No producir moho.
- Resistencia mecánica buena.
- Peso específico reducido.

Los tipos de aislante pueden ser fibrosos, granulosos o celulares. El tipo de aislante elegido para todas las tuberías del circuito primario será de espuma elastomérica, correspondiente al tipo de aislamiento celular. Por medio del RITE, hallamos el espesor mínimo del aislante. Tras calcularlo, tendremos un espesor de 20 mm.

Viendo el catálogo de Ecosfera, optaremos por el tubo CU 12 mm AEROLINE SPLIT 20 m, del cual se adjuntan las especificaciones técnicas:

Doble tubo de cobre 12 mm aislado y con el cable de la sonda de temperatura incorporado. Resistente a temperaturas pico de 175 °C. Resistente a los rayos UV y al ozono. Fácil montaje sin herramientas y sin soldaduras gracias al sistema ISICLICK.



#### 2.14.3.6 Válvulas.

Esta instalación constará del siguiente tipo de válvulas:

1. Válvulas de seguridad. Su misión es evitar una explosión, el fallo de un equipo o tubería por un exceso de presión. La actual legislación exige la colocación de válvulas de seguridad en todos los circuitos sometidos a presión y variación de temperatura. Las válvulas de seguridad actúan como elementos limitadores de la presión de los circuitos y son imprescindibles para proteger los componentes de la instalación.

El tarado de la válvula, es decir, la presión a la cual la válvula actúa dejando escapar el fluido, debe ser inferior a la que pueda soportar el elemento más delicado de la instalación.

Es muy importante en estas válvulas que la liberación del fluido se haga hacia el exterior, en un lugar visible, puesto que habitualmente la fuga indica un fallo del sistema normal de regulación, y de este modo el operador puede saber que hay un problema y que debe tomar medidas para corregirlo.

En la instalación se colocará una válvula de seguridad a la entrada del acumulador.

2. Válvulas antirretorno. Estas válvulas se colocan para permitir el paso del fluido en un único sentido, impidiendo la circulación en sentido contrario. Se utilizan cuando se pretende mantener a presión una tubería en servicio y poner en descarga la alimentación. El flujo del fluido que se dirige desde el orificio de entrada hacia el de utilización tiene el paso libre, mientras que en el sentido opuesto se encuentra bloqueado. Las válvulas antirretorno son ampliamente utilizadas en tuberías conectadas a sistemas de bombeo para evitar golpes de ariete, principalmente en la línea de descarga de la bomba. Existen dos tipos: De clapeta o de obús.

En la instalación se emplearán las válvulas antirretorno de clapeta oscilante por producir una menor pérdida de carga que las de obús.





Female Swing Check Valve  
H14W-(16-64)C,P,R

3. Válvulas de paso. Se emplean para interrumpir, parcial o totalmente, el paso del fluido por las tuberías. Existen varios tipos: las de asiento, de compuerta, de mariposa y de bola o esfera.  
El tipo de válvulas empleadas en la instalación, serán las válvulas de bola porque son las más recomendables para diámetros pequeños. Constan de una esfera con un orificio que permite el paso del fluido cuando está alineado con el eje de la conducción. Se utilizan habitualmente junto a cada punto de agua del hogar, antes del grifo, así en caso de avería de éste en algún aparato no es preciso dejar sin agua al resto del cuarto húmedo o la casa completo.
4. Válvulas de tres vías. Se utilizan para conseguir de forma automática la circulación de fluidos por vías alternativas.



#### 2.14.3.7 Purgador.

El purgador es el elemento encargado de expulsar los gases, generalmente aire, contenidos en el fluido caloportador. La presencia de gases en el circuito puede dar lugar a la formación de bolsas que impiden la correcta circulación del fluido caloportador, provocando corrosiones en las tuberías y en los colectores. Para asegurarse de que los gases disueltos en el líquido son evacuados hacia el exterior por el purgador, es conveniente colocarlo en el punto más alto de la instalación a la salida de los colectores.

En nuestro caso utilizaremos un purgador automático de aire, de latón, por flotador, de posición vertical y válvula de obturación incorporada, con rosca de 3/8" de diámetro.

### 2.14.3.8 Fluido caloportador.

El fluido caloportador es aquel que pasa a través del absorbedor y transfiere a otra parte del sistema la energía térmica absorbida. Se pueden utilizar cuatro tipos diferentes de fluidos:

- Agua natural.  
Puede ser utilizado tanto en circuitos abiertos como en cerrados. El gran inconveniente que presenta es la posibilidad de congelación en heladas.
- Agua con adición de anticongelante.  
Es una mezcla de agua caliente con anticongelante. Las características a tener en cuenta en este tipo de mezcla son:
  - 1) *Toxicidad*: Los anticongelantes son en general tóxicos, por lo que es preciso asegurar la imposibilidad de mezcla entre estos y el agua de consumo.
  - 2) *Viscosidad*: La adición de anticongelante aumenta notablemente la viscosidad de la mezcla. En consecuencia, es preciso tener este aumento en cuenta en el cálculo de pérdidas de carga de las instalaciones y en la potencia del circulador, de ahí el que hayamos multiplicado ciertos valores por un coeficiente de seguridad.
  - 3) *Dilatación*: El coeficiente de dilatación del anticongelante es superior al del agua corriente. Será preciso tener en cuenta este factor en el cálculo del vaso de expansión.
  - 4) *Estabilidad*: La mayor parte de los anticongelantes se degradan con temperaturas del orden de 120 °C y pueden generar productos corrosivos para los materiales que constituyen el circuito.
  - 5) *Calor específico*: El calor específico de la mezcla disminuye, y por tanto habrá de tenerse en cuenta en el cálculo del diámetro de las tuberías y del circulador.
  - 6) *Temperatura de ebullición*: La temperatura de ebullición de la mezcla aumenta, pero no demasiado, no siendo relevante el efecto que provoca.
- Líquidos orgánicos sintéticos o derivados del petróleo.  
Las precauciones señaladas a propósito del agua con anticongelante deben ser igualmente tomadas en consideración en lo que concierne a la toxicidad, viscosidad y dilatación. Además, al estar hablando de combustibles, debe tenerse en cuenta el riesgo de incendio de la instalación. Por otra parte son estables a altas temperaturas.
- Aceites de silicona.  
Suelen ser productos estables y de buena calidad pero sus precios actuales no permiten su utilización generalizada. Presentan dos grandes ventajas: No son tóxicos y no son inflamables.

Debido a que los colectores se van a colocar en una zona en la cual los veranos son relativamente suaves y los inviernos son duros, hemos optado por la elección de un fluido caloportador que contiene una mezcla de agua con un 40 % de peso de propenglicol (anticongelante).



### 3. ELECCIÓN DE LA ENERGÍA DE APOYO Y CALEFACCIÓN

#### 3.1 INTRODUCCIÓN.

En estos últimos años se están dando a conocer alternativas renovables para viviendas unifamiliares. Inicialmente las energías renovables estaban representadas por los paneles solares térmicos para la producción de agua caliente sanitaria (ACS) y los fotovoltaicos para generación de electricidad en viviendas aisladas o con mal suministro eléctrico.

La aportación de estas tecnologías siempre requería de un sistema auxiliar para la producción de energía, con lo cual la dependencia de los combustibles fósiles directos (gas, gasoil) o indirecta (electricidad) continuaba presente aunque hubiera la intención de abandonar los fósiles.

Con estas instalaciones sí es cierto que había una disminución de la emisión de CO<sub>2</sub> y en algunos casos ahorro económico real. Pero distaban mucho de ser una alternativa real, renovable y sólida como para aguantar las demandas energéticas de una simple vivienda familiar.

En los últimos años han llegado dos “nuevas” alternativas como son la biomasa y la geotermia, que garantizan la calefacción en el caso de la biomasa y la climatización en el caso de la geotermia. Pero cual elegir es la gran decisión.

Por eso, como complemento en nuestra instalación, debemos realizar un breve estudio sobre estos dos tipos de energía para ver qué nos conviene, tanto económicamente como por necesidad, analizando sus ventajas, inconvenientes y cualquier repercusión para tomar una decisión.

Las dos son renovables, las dos son subvencionables, las dos proporcionan ahorro y las dos representan un aumento de la inversión inicial.

La biomasa tiene múltiples ramas, para este análisis vamos a quedarnos solo con las opciones que se comercializan en el mercado para calderas de biomasa, es decir, pellets, astillas, briquetas u otros. Dentro de estos otros estarían el hueso de aceituna o la cáscara de almendra por ejemplo.

La biomasa que analizaremos se basa en quemar distintos tipos de madera de una forma más eficiente a como se hacía hace unas décadas, ya que quemar madera para obtener calor no es nada nuevo.

En el mercado hay calderas para pellets que son las más habituales. También existen para briquetas o astillas, pero con rendimientos menores y más caras, y por último las múltiples, que son las que pueden quemar diferentes productos ya que poseen una potente regulación, éstas serían las que tendríamos que utilizar para combinar distintos combustibles como el hueso de la aceituna o la cáscara de almendra entre otros. Este modelo es el más caro y para una vivienda unifamiliar no es la mejor opción. La mejor opción sería la instalación de una caldera de pellets.

#### 3.2 GEOTERMIA.

Para una vivienda unifamiliar tipo estaríamos hablando de geotermia de muy baja entalpía o temperatura, es decir, necesitaremos un bomba de calor geotermia agua-agua. A modo de resumen la finalidad de esta instalación es sacar energía en forma de calor del subsuelo por medio de distintos tipos de captación. En una instalación geotérmica se aprovecha la estabilidad térmica del subsuelo para obtener o disipar el calor, según la

época del año, teniendo en cuenta que a partir de 5 metros de profundidad la temperatura terrestre se mantiene constante (en España, en la zona centro sobre los 15°).

Esta temperatura es pasada al agua de intercambiadores tubulares introducidos en sondeos y utilizada como fluido de condensación de bombas de calor consiguiendo muy altos y estables rendimientos durante todo el año gastando solo 1/5 parte respecto a radiadores eléctricos, 1/3 parte respecto al gasoil y 1/2 respecto al gas natural. Además nos ahorramos los paneles solares térmicos que obliga a instalar el C.T.E para producción de agua caliente sanitaria.

La geotermia puede aportar calor a la vivienda y el agua caliente sanitaria como las calderas de biomasa pero además también puede aportar refrigeración a la vivienda. Por lo que con ella se puede climatizar una vivienda, aspecto por el cual le saca una ventaja a la biomasa.

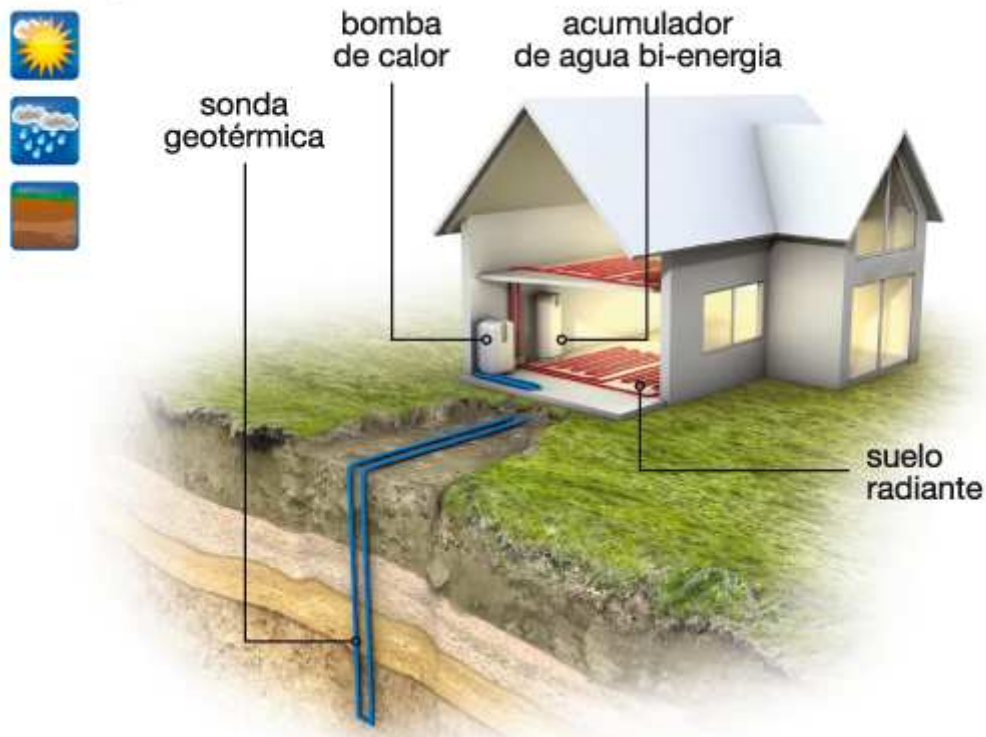
Como principal desventaja tiene que mientras la biomasa utiliza silos textiles para almacenar “el combustible”, en geotermia habrá un apartado de captación que aumentará la inversión inicial.

La tecnología geotérmica tiene importantes detalles a la hora de su dimensionado empezando por el tipo de subsuelo que tenemos, luego tiene limitaciones para su funcionamiento. Ya que mientras la biomasa puede combinarse con radiadores (convectores), suelo radiante o fancoils, la geotermia es mas eficiente cuando se combina con suelo radiante.

### 3.3 BIOMASA – GEOTERMIA.

Hasta este momento todo parece indicar que la biomasa resulta más atractiva que la geotermia pero es porque nos estamos dejando para el final las cuestiones de índole económico. Es decir, para una vivienda con captación vertical podríamos tener que desembolsar alrededor de 30.000 € por 150 metros calefactables pero ahí es el único momento en el desembolsamos más que con biomasa. La eficiencia o COP de la geotermia esta alrededor de 4,5 (combinando calefacción y ACS), lo que representa un ahorro del 75% en la generación energética frente al gasoil, lo que implica un ahorro del 40% frente a la biomasa.

## La captación vertical



Poniendo un ejemplo numérico: en un vivienda que gastase al año 1000 € en gasoil para calefactar y ACS, si optásemos por biomasa (pellet) gastaríamos unos 650 € y si eligiésemos las bombas de calor geotérmica el gasto rondaría los 250€.

Otro aspecto importante es el mantenimiento, mientras que la biomasa no deja de ser un quemador que es susceptible a problemas y a mantenimientos, la bomba de calor geotérmica tiene un funcionamiento muy similar al de una nevera, que generalmente no da muchos problemas.

Por eso podemos decir que una instalación geotérmica se amortiza frente a una convencional en 6 años (con subvención 4,5 años). La biomasa necesita unos 8,5 años (6 con subvenciones).

### 3.4 BIOMASA. ELECCIÓN DE CALIDAD DEL PELLET.

Un pellet de forma muy general se podría decir que es el resultado de la compactación del serrín obtenido de la madera de los árboles, por lo cual hay muchos tipos de pellet que además de distinguirse fácilmente por el color o tacto, tienen un diferencia enorme que es el poder calorífico de cada uno.

Esto resulta muy interesante al comprador, ya que los precios pueden variar mucho, y se puede comprar un pellet muy barato pensando que es una buena inversión pero puede ser todo lo contrario. Normalmente el pellet que compremos debe mantener un relación para ser rentable, la relación es ésta: 2 kilogramos de pellets tienen que aportar lo mismo que 1 litro de gasoil.

La mejor opción son los pellets por motivos de homogeneidad, es decir, los pellets los venden suministradores, los cuales siguen procesos de fabricación muy normalizados y guiados por normativa para así poder garantizar un poder calorífico constante en todas sus remesas. Si estuviésemos quemando un pellet concreto y de repente cambiásemos a otro suministrador o el suministrador cambiase la materia prima (los pellets se pueden hacer casi de cualquier tipo de árbol), notaríamos rápidamente una

disminución de la eficiencia que podríamos apreciar en un aumento de la cantidad de cenizas producidas por la combustión.

Éste sería en el mejor de los casos, ya que si el pellet ha bajado de calidad mediante la inserción de tierra en el mismo, puede producir graves problemas en la caldera debida al silicio de la tierra.

Otro motivo para elegir pellets y no briquetas, por ejemplo, es el almacenamiento. Actualmente se venden silos textiles que resultan muy eficaces y que maximizan almacenamiento en relación a superficie útil.

El tercer motivo para optar por pellets es el aprovisionamiento. Mientras que comprar pellets es relativamente sencillo, si elegimos opciones como por ejemplo el hueso de aceituna y vivimos en el norte la distribución resulta mas complicada y si estamos hablando de viviendas unifamiliares la cosa empeora más.

### 3.5 BIOMASA. ANÁLISIS ECONÓMICO.

Como hemos comentado anteriormente, dos kilogramos de pellets deben de ser equivalentes a la energía obtenida con un litro de gasoil, y con esa premisa vamos a realizar un breve estudio económico.

El pellet que cumple este requisito puede costar entre 20 y 25 céntimos el kilogramo, con lo que 2 kilogramos nos colocarán en torno a los 45 céntimos (en caso intermedio). Por otro lado el gasoil puede rondar entre los 66 y 76 céntimos, dependiendo de la localización de la instalación, con lo cual la energía del pellet es aproximadamente un 35% mas barata. Si tenemos en cuenta que el precio de una caldera de pellets automática es un 50% más cara que una de gasoil, pero que recibe subvenciones y que tiene un rendimiento claramente superior, podemos concluir que la opción pellets será un 20% más cara a nivel de inversión inicial y un 35 % más barata a nivel operacional, con lo que queda claro que es amortizable, es decir, inversión rentable.

No hemos tenido en cuenta el continuo aumento de los combustibles fósiles (ligeramente atenuado por la crisis económica) y su tendencia hacia un crecimiento mayor, ni la tendencia a la estabilidad de precio de los pellets.

### 3.6 CONCLUSIONES.

Apostar por cualquiera de ellas representa una buena inversión. Todo dependerá del dinero que estemos dispuestos a invertir. Si tenemos lo justo lo mejor sería optar por biomasa, es una solución que tiene ventajas tanto para el comprador como para el medio ambiente. Si podemos excedernos un poco en el presupuesto para la instalación energética la mejor opción sería la geotermia, limpia, con espacio necesario mínimo, las salas de calderas no realizan combustiones con lo que puede incluso disminuir el precio del seguro del hogar, además de dotar a la vivienda de climatización a un precio muy inferior al de calefactar mediante combustibles fósiles.

Estas dos opciones son muy válidas y sí representan una alternativa a las clásicas ya que no requieren sistemas auxiliares de apoyo energético con lo que luchan en igualdad de condiciones que el gasoil, gas o electricidad.

## 4. ENERGÍA DE BIOMASA.

### 4.1 DEFINICIÓN.

La biomasa, según la Real Academia de la Lengua, se define como “Materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía”. Por lo tanto, la biomasa es un recurso energético generado en los ecosistemas naturales (biomasa espontánea, natural) o por procesos antropogénicos (actividades humanas, provocado). Si es utilizada dentro de un ciclo continuo de producción-utilización, constituye un recurso energético renovable y respetuoso con el medio ambiente.

La biomasa se puede utilizar para producir calor, producir electricidad y para transporte. El procedimiento empleado en su uso como calefactor (que aplicaremos en este proyecto), es sencillo desde el punto de vista tecnológico y poco costoso desde el punto de vista económico.

La energía de la biomasa proviene de la energía que almacenan los seres vivos. En primer lugar, los vegetales al realizar la fotosíntesis, utilizan la energía del sol para formar sustancias orgánicas. Después los animales incorporan y transforman esa energía al alimentarse de las plantas.

La energía que se almacena en las plantas y los animales (que se alimentan de plantas u otros animales), o en los desechos que producen, se llama bioenergía. Mediante diferentes procesos de conversión tales como la combustión, se emite el dióxido de carbono que fue absorbido durante el proceso de fotosíntesis. Quemando gas o gasóleo para la calefacción, se transfiere y se acumula en la atmósfera carbono extraído del subsuelo profundo, alimentando así el efecto invernadero. Por el contrario, la combustión de biomasa no contribuye de ninguna manera al efecto invernadero, porque el carbono que se libera quemando la madera procede de la atmósfera misma y no del subsuelo.

Desde principios de la historia de la humanidad, la biomasa ha sido una fuente energética esencial para el hombre. Con la llegada de los combustibles fósiles, este recurso energético perdió importancia en el mundo industrial. En la actualidad los principales usos que tiene son domésticos. La contribución de la biomasa a la necesidad de energía primaria está muy por debajo del potencial disponible, y se produce fundamentalmente por la utilización de leña para quemar en chimeneas y estufas, a menudo obsoletas y poco eficaces. No obstante, las tecnologías para la utilización de combustibles vegetales en sistemas de calefacción doméstica han experimentado un gran desarrollo en los últimos años y han alcanzado niveles de eficiencia, fiabilidad y confort muy parecidos a los de los sistemas tradicionales de gas y de gasóleo.

Los factores que condicionan el consumo de biomasa en Europa son:

Factores geográficos: Las condiciones climáticas de cada zona determinan las necesidades de calor.

Factores económicos: por la rentabilidad o no de la biomasa como recurso energético. Esto dependerá de los precios y del mercado energético en cada momento.

De todas formas, aunque la inversión inicial en este tipo de sistemas sea elevada, está comprobado que calentarse con la biomasa no sólo es beneficioso para el medio ambiente, sino también para el ahorro, porque a igualdad de calor producido, los combustibles vegetales cuestan mucho menos que los fósiles, como observamos en la siguiente gráfica comparativa:

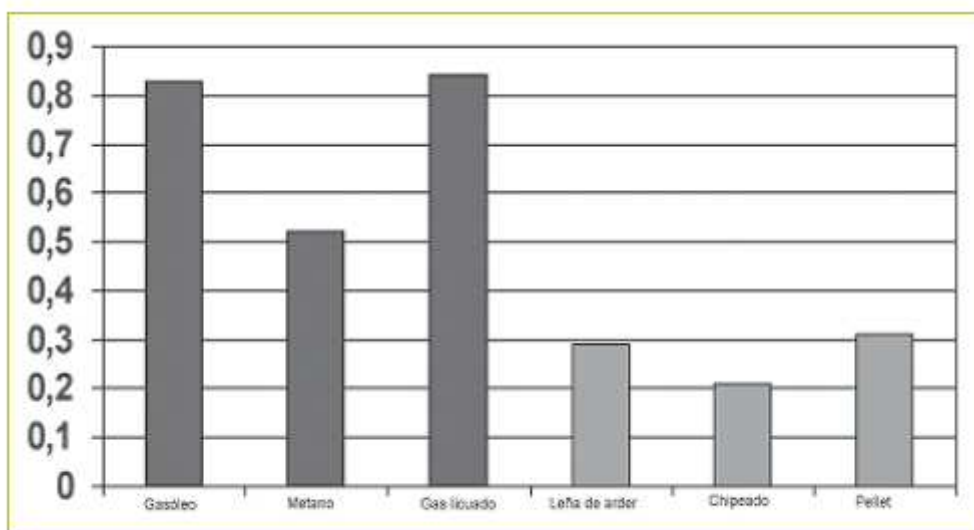


Figura 1. Comparación entre los costes de los combustibles vegetales y de los combustibles fósiles

La comparación se ha realizado sobre la base del coste de la energía correspondiente a 1 litro de gasóleo (litro-equivalente gasóleo). Se observa de inmediato que el coste de la energía de la biomasa es, en todos los casos, netamente inferior. El ahorro es por lo tanto considerable, y permite en muchos casos una rápida recuperación del capital invertido en el sistema.

#### 4.2 VENTAJAS E INCONVENIENTES.

La utilización de la biomasa con fines energéticos tiene las siguientes ventajas medioambientales:

- Emisiones de CO<sub>2</sub> netas.
- Emiten pequeñas cantidades de contaminantes sulfurados o nitrogenados, apenas partículas sólidas.
- Canaliza los excedentes agrícolas alimentarios, permitiendo el aprovechamiento de las tierras de retirada.
- Disminuye la dependencia externa del abastecimiento de combustibles.
- Combustibles más baratos y más estables.
- Mantenimiento sencillo con la incorporación de nuevas tecnologías.
- Calderas con poco desgaste y larga vida útil.
- Colabora con la limpieza forestal, lo que evita incendios forestales.

En la actualidad la tecnología aplicada a la biomasa está sufriendo un gran desarrollo, y la investigación se está centrando en minimizar los efectos negativos ambientales de los residuos aprovechados y de las propias aplicaciones. Un ejemplo de su desarrollo es que las calderas de biomasa están subvencionadas por el gobierno y las comunidades.

En cuanto a los inconvenientes:

- Para el usuario final el rendimiento energético de los combustibles derivados de la biomasa en comparación con los combustibles fósiles es menor.



- La materia prima es de baja densidad energética lo que quiere decir que ocupa mucho volumen y por lo tanto puede tener problemas de transporte y almacenamiento.
- Necesidad de acondicionamiento o transformación para su utilización. Mayor inversión inicial.

#### 4.3 BENEFICIOS SOCIO-ECONÓMICOS Y MEDIOAMBIENTALES.

La biomasa contribuye a la conservación del medio ambiente, debido a que sus emisiones a la atmósfera son inferiores que las de los combustibles sólidos por su bajo contenido en azufre, nitrógeno y cloro.

La mayor ventaja es el balance neutro de CO<sub>2</sub> que se da al cerrar el ciclo de carbono que comenzaron las plantas en su crecimiento. Si comparamos las emisiones de las calderas de biomasa con las de los sistemas convencionales de calefacción, se podría decir que los valores de SO<sub>2</sub>, responsable de la lluvia ácida, son en el caso de las calderas de biomasa más bajos o similares a los de gasóleo y gas. En cuanto a las partículas las emisiones son superiores, pero dentro de los límites que definen las diferentes legislaciones en la materia.

Desde un punto de vista más amplio, es decir, analizando el ciclo de vida del proceso en su conjunto (extracción, producción, transporte, etc.) para los tres combustibles considerados, la situación se torna indiscutiblemente favorable a la biomasa.

La situación anterior se explica si se tiene en cuenta que los combustibles fósiles (gas natural) o derivados de ellos (gasóleo) han de ser extraídos en lugares muy lejanos, ser transportados, transformados, bombeados..., antes de llegar al punto de consumo. Y todas estas operaciones consumen asimismo mucha energía.

Por tanto, se puede decir que las emisiones de la biomasa son menos contaminantes que las de otros combustibles ya que su composición es básicamente parte del CO<sub>2</sub> captado por la planta origen de la fotosíntesis, y vapor de agua que se genera al arder la humedad de la biomasa.

Es importante resaltar que el aprovechamiento energético supone “convertir un residuo en un recurso”. Un porcentaje de la biomasa que se usa para producir energía procede de materiales residuales que es necesario eliminar, como residuos procedentes de podas y limpiezas de bosques, rastrojos y podas agrícolas, disminuyendo al mismo tiempo el riesgo de incendios, enfermedades y plagas, y su propagación. Su utilización desarrolla nuevas actividades que a su vez generan puestos de trabajo en el medio rural, lo cual supone una nueva fuente de ingresos para las industrias locales. Esta oferta de empleo permite fijar la población en los núcleos rurales evitando con ello alguno de los problemas sociales derivados de la emigración hacia los grandes núcleos urbanos, como el abandono de las actividades del mundo rural o la aparición de zonas agrícolas marginales.

#### 4.4 TIPOS DE CALDERAS DE BIOMASA.

Las calderas de biomasa son equipos compactos diseñados específicamente para un uso doméstico en viviendas unifamiliares, edificios de viviendas o comerciales; o para instalaciones industriales.

Todas ellas presentan sistemas automáticos de encendido y regulación e, incluso algunas, de retirada de cenizas, que facilitan el manejo al usuario. Para aplicaciones de calefacción doméstica o comercial, estos equipos son de potencia baja a media (hasta 150-200 kW). Este tipo de sistemas alcanzan rendimientos energéticos más altos que las calderas de gas y de gasoil.

Un caso concreto, cada vez más extendido, son las calderas de pellets. Debido a las características de este combustible: poder calorífico, compactación, etc., las calderas diseñadas para pellets son muy eficientes y más compactas que el resto de calderas de biomasa.

Las calderas de biomasa pueden clasificarse atendiendo al tipo de combustible que admiten y a la clase de tecnología que utilizan.

Existen tres tipos de calderas según el combustible:

- Calderas específicas de pellets: suelen ser pequeñas (hasta 40 kW) y altamente eficientes. La razón de ser de estas calderas tiene sentido por su bajo coste, pequeño tamaño y un elevado rendimiento.
- Calderas de biomasa: su potencia varía desde 25 kW a cientos de kW, no admiten varios combustibles simultáneamente, aunque se puede cambiar el combustible si se programa con suficiente antelación el vaciado del silo, la nueva recarga y la reprogramación de la caldera. Precisan de modificaciones en tornillo de alimentación y parrilla.
- Calderas mixtas o multicomcombustible: admiten varios tipos distintos de combustible, cambiando de unos a otros de manera rápida y eficiente, como por ejemplo pellets y astillas. Suelen fabricarse para potencias medias (alrededor de 200 kW) o grandes.

De acuerdo a su tecnología, las calderas se dividen en cuatro grupos:

- Calderas convencionales adaptadas para biomasa: suelen ser antiguas calderas de carbón adaptadas para poder ser utilizadas con biomasa o calderas de gasóleo con un quemador de biomasa. Aunque resultan baratas, su eficiencia es reducida, situándose en torno al 75-85%. Suelen ser semi-automáticas ya que, al no estar diseñadas específicamente para biomasa no disponen de sistemas específicos de mantenimiento y limpieza.
- Calderas estándar de biomasa: diseñadas específicamente para un biocombustible determinado (pellets, astillas, leña,...), alcanzan rendimientos de hasta un 92%, aunque suele ser posible su uso con un combustible alternativo a costa de una menor eficiencia. Generalmente se trata de calderas automáticas ya que disponen de sistemas automáticos de alimentación del combustible, de limpieza del intercambiador de calor y de extracción de las cenizas.
- Calderas mixtas: las calderas mixtas permiten el uso alternativo de dos combustibles, haciendo posible el cambio de uno a otro si las condiciones económicas o de suministro de uno de los combustibles así lo aconsejan. Necesitan un almacenamiento y un sistema de alimentación de la caldera para cada combustible, por lo que el coste de inversión es mayor que para otras tecnologías. Su rendimiento es alto, cercano al 92%, y son calderas totalmente automáticas.
- Calderas de pellets a condensación: Pequeñas, automáticas y para uso exclusivo de pellets, estas calderas recuperan el calor latente de condensación contenido en el combustible bajando progresivamente la temperatura de los gases hasta que se condensa el vapor de agua en el intercambiador. Mediante esta tecnología, el ahorro de pellets es del 15% respecto a una combustión estándar.

#### 4.5 TIPOS DE CALDERAS DE BIOMASA PARA CALEFACCIÓN.

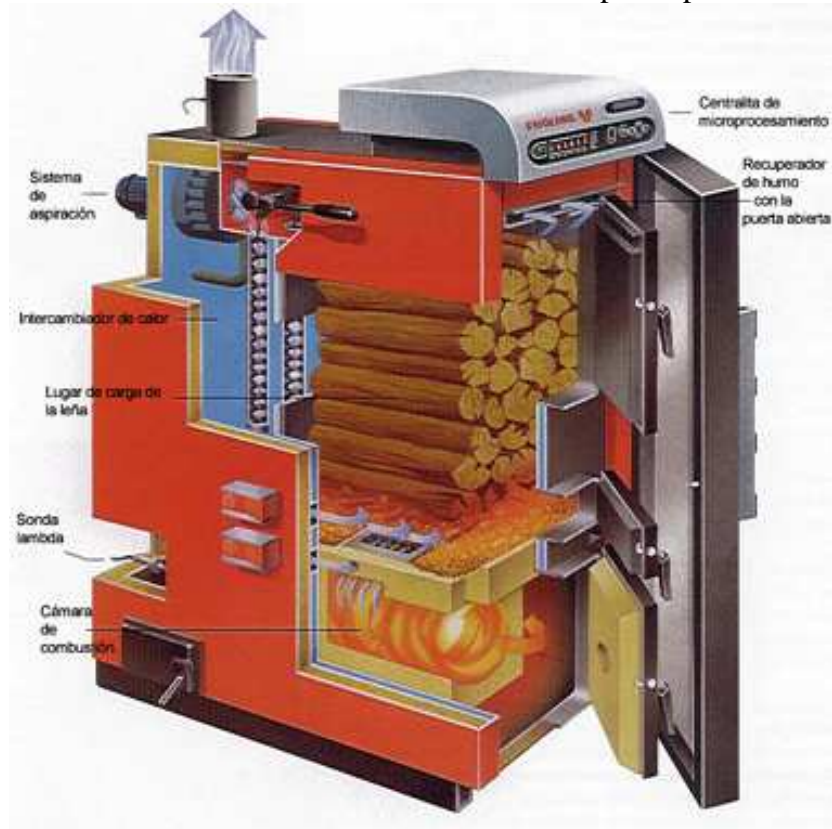
Después de una breve introducción sobre las diferentes clasificaciones y tipologías de las calderas de biomasa, nos centramos en las más usadas para calefacción,

aportando un amplio estudio de las mismas para poder obtener los máximos datos posibles, necesarios para una correcta elección del sistema.

#### 4.5.1 Calderas de llama invertida para la combustión de madera en tarugos.

##### *Características generales.*

La combustión de la leña para quemar sigue siendo la forma más común de utilizar la biomasa para la calefacción doméstica. Debido a la necesidad de carga manual de los tarugos, las calderas de leña tienen potencia limitada a unas decenas de kW , y su uso más adecuado es la calefacción de casas aisladas de uno o pocos pisos.



##### *Componentes.*

Un sistema basado en tecnologías avanzadas constaría de los siguientes componentes:

- Caldera de llama invertida.
- Acumulador inercial del calor.
- Calentador para agua caliente sanitaria.
- Centralita de control.

##### *Principios de funcionamiento.*

Las calderas de llama invertida tienen esta denominación por la posición de la cámara de combustión, situada debajo del hueco en el que se carga la leña. Normalmente, se trata de calderas equipadas con un rotor para la circulación forzada del aire comburente. En algunos modelos (de aire soplado), el rotor se encuentra en el lado

anterior de la caldera y empuja el aire en el interior haciéndolo fluir a través del combustible hasta la salida de humos. En otros modelos, el rotor se encuentra en la parte posterior, en el lugar de la salida de humos, y aspira los gases de combustión creando una depresión en la caldera que permite la atracción del aire comburente desde el exterior.

Una parte del aire (primario) se introduce en la caldera justo encima la rejilla sobre la cual está apoyada la leña. El aire primario impulsa la combustión (fase de gasificación), con la formación de un estrato de brasas en contacto de la rejilla y la liberación de gases combustibles procedentes de la pirólisis de la madera (sobre todo monóxido de carbono e hidrógeno). Los gases liberados son arrastrados hacia abajo a través de la rejilla y llegan a la cámara inferior, donde la adición del aire secundario permite que se complete la combustión. Factores esenciales para obtener una combustión óptima son una cantidad de aire adecuada, temperatura y turbulencia elevadas en la cámara de combustión, y la permanencia de los gases calientes en el hogar por un tiempo suficiente para que se completen las reacciones termoquímicas de combustión. La inversión de la llama permite obtener una combustión gradual de la leña, que no prende completamente fuego en el hueco de carga sino se quema sólo cuando llega a las proximidades de la rejilla. De esta manera, la potencia dispensada por la caldera es más estable en el tiempo y se puede controlar mejor la combustión, aumentando considerablemente el rendimiento y reduciendo las emisiones contaminantes. Los modelos más avanzados utilizan sistemas de regulación por microprocesador, y alcanzan rendimientos térmicos de más del 90%. Entre las novedades más significativas, presentes incluso en modelos de potencia pequeña, está la regulación del aire de combustión basado en la necesidad de oxígeno, calculado en los humos con una sonda especial (sonda lambda). La regulación lambda permite regular y optimizar constantemente la cantidad de aire durante el ciclo completo de funcionamiento de la caldera de leña, desde el encendido inicial hasta que se acabe el combustible.

#### *El acumulador inercial.*

Una buena instalación de una caldera de leña prevé la presencia de un acumulador inercial. El acumulador consta de un depósito de agua térmicamente aislado, conectado directamente al retorno de la caldera por medio de una bomba especial. Por lo tanto, el agua contenida en el acumulador es la misma que circula en la caldera y en el sistema de calefacción. El acumulador inercial desempeña las siguientes funciones de importancia:

- Permite a la caldera funcionar de forma regular, evitando interrupciones debidas a una demanda insuficiente de energía por parte del sistema de calefacción: en estas condiciones, en vez de bloquear la combustión o recalentar el ambiente, la caldera puede seguir funcionando almacenando energía en el depósito de acumulación. Esta energía estará disponible más adelante cuando el agotamiento gradual del combustible determine una reducción de la potencia. El funcionamiento sin interrupciones reduce el humo de las emisiones y la suciedad de la chimenea, protege la caldera de formaciones nocivas de condensados de alquitrán y aumenta el rendimiento global del sistema.
- Constituye un “volante” térmico para el sistema de calefacción, y hace aumentar en gran medida el confort de ejercicio, volviéndolo del todo parecido al de los sistemas automáticos de gas / gasóleo. De hecho, la energía contenida en el acumulador en forma de agua caliente viene automáticamente cedida al sistema

en el momento en el que éste la pide. Esto asegura algunas horas de calefacción incluso con la caldera apagada, por ejemplo a primera hora de la mañana.

El depósito inercial ha que tener unas medidas especiales en función de la cantidad de leña contenida en la caldera (Volumen de llenado), de la potencia térmica nominal ( $P_N$ ) y de la carga térmica del edificio ( $P_{tot}$ ). Actualmente se usan las siguientes fórmulas, donde  $V_{acc}$  es el volumen del acumulador:

$$a) V_{acc} [l] = \text{Volumen de llenado} [l] \cdot 10$$

$$b) V_{acc} [l] = P_N [kW] \cdot 40$$

Por ejemplo, para una caldera con potencia nominal de 50 kW, cuyo hueco de carga para la leña tenga una capacidad de 210 litros, el volumen del acumulador calculado según las dos fórmulas simplificadas a) y b) resulta:

$$a) V_{acc} [l] = 210 \cdot 10 = 2100 \text{ litros}$$

$$b) V_{acc} [l] = 50 \cdot 40 = 2000 \text{ litros}$$

Los metros cúbicos del edificio a calentar influyen en las medidas del acumulador de forma negativa: a igualdad de caldera de leña y cuanto más pequeña sea la habitación, más grande tendrá que ser el acumulador para compensar la inferior absorción térmica de los usuarios.

En algunos modelos avanzados de calderas de leña con regulación por microprocesador, la temperatura del acumulador se mide en diferentes puntos y la potencia distribuida puede ser automáticamente reducida para evitar una saturación demasiado rápida del acumulador inercial.

### *Sistemas de seguridad.*

A diferencia de las calderas de gas o gasóleo, las calderas de tarugos de leña se caracterizan por la presencia de una considerable cantidad de combustible sólido que, una vez encendido, sigue produciendo calor con una inercia considerable, difícilmente controlable a corto plazo. Por consiguiente, las calderas de leña pueden encontrarse en condiciones especialmente críticas; estas condiciones son básicamente dos:

1. Interrupción del suministro eléctrico.
2. Avería de la bomba de circulación de la caldera.

En esas circunstancias, se produce un bloqueo casi total de la circulación del agua en la caldera y se interrumpe la aportación del calor producido por la combustión de la leña. Por consiguiente, la temperatura del agua puede subir hasta alcanzar y superar los 100° C. Con temperaturas más altas a la de ebullición, la producción de vapor provoca un fuerte aumento de la presión del sistema. A falta de dispositivos de seguridad adecuados se puede llegar rápidamente a una situación de peligro.

Para evitar este riesgo, además del termostato de seguridad presente en todos los tipos de caldera, las calderas de leña tienen un intercambiador de calor de emergencia, formado por un tubo serpentín sumergido en el agua de la caldera. Este intercambiador tiene que estar conectado por una parte a una toma de agua fría, directamente conectada



al acueducto y por el lado de la salida, el intercambiador de emergencia tiene que estar conectado a un desagüe.

Entre la toma de agua fría y la caldera hay que poner una válvula de seguridad térmica. Esta válvula, tiene una sonda de bulbo de mercurio que hay que insertar en un hueco especial de la caldera. En caso de emergencia, antes que la temperatura de la caldera alcance los 100° C, la válvula de seguridad se abre mediante un dispositivo mecánico que no requiere alimentación eléctrica y el agua fría empieza a fluir en el intercambiador de seguridad, sacando el exceso de calor y enviándolo al desagüe. Se evita así el riesgo de ebullición en la caldera.

Para que la válvula de seguridad térmica proporcione una eficaz protección del sistema de leña tiene que estar disponible en todo momento el agua fría, incluso sin suministro eléctrico. Si la casa tiene un pozo propio con bomba y autoclave, es necesario instalar sobre la caldera un depósito de agua fría con una capacidad adecuada, para conectarlo con el intercambiador de emergencia de modo que, en situaciones críticas, el agua fría pueda fluir libremente por la gravedad a través del intercambiador de emergencia.

Es necesario controlar la válvula de seguridad térmica por lo menos una vez al año para averiguar su eficiencia y hermeticidad, sustituyéndola de inmediato si se encuentran defectos.

#### *Diseño del sistema.*

Hay que dedicar una especial atención al diseño del sistema, teniendo en cuenta que las calderas de leña, a diferencia de las de gas o de gasóleo, tienen, en la medida de lo posible, que funcionar de forma continua y sin interrupciones.

Por tanto, hay que evitar un exceso de tamaño de la caldera, que tendría importantes consecuencias negativas: un inútil aumento de los costes del sistema y un mal funcionamiento de la caldera, a causa de las frecuentes interrupciones de la combustión a las que estaría sujeta. Las interrupciones obligadas de la combustión a causa de una parada imprevista del flujo de aire comburente producen de hecho una mayor producción de humos, que provoca el ensuciamiento de la chimenea y de la caldera y un menor rendimiento estacional del sistema.

Hay que decidir las dimensiones de la caldera tras una atenta evaluación de las características del edificio y de la zona climática en la que se encuentra. Para los propósitos de este trabajo se puede calcular una necesidad de potencia comprendida entre 20 y 40 W/m<sup>3</sup> según el clima y las características del sistema de calefacción y de aislamiento del edificio. La potencia necesaria es menor en los edificios bien aislados y en los que tienen sistemas de calefacción de alta eficiencia, como los sistemas de hilo radiante en el suelo o en las paredes.

Otro factor a tener en cuenta es el número de cargas de leña que se quiere efectuar en el día, en otras palabras, la autonomía de funcionamiento deseada. Ésta depende de la capacidad del hueco de carga de la leña y de la potencia de la caldera. La relación entre estas dos medidas, expresando la capacidad de carga de leña en litros y la potencia en kW, proporciona el número aproximado de horas de autonomía de funcionamiento continuo a la máxima potencia.

La presencia de un acumulador inercial permite aumentar considerablemente la autonomía, sobre todo en los periodos menos fríos, momento en el que la energía producida por la caldera en un periodo limitado se acumula y redistribuye en el sistema de calefacción durante el día. Este efecto del acumulador inercial es tanto mayor cuanto más grande es el acumulador.



### *Cuarto de caldera.*

Otro aspecto importante que hay que tener en cuenta es la disponibilidad de espacio para la central térmica y para la leñera, que tienen que estar muy cerca. El cuarto de la caldera tiene que ser amplio y bien aireado. Además de la caldera de leña, la central térmica debería poder acoger el acumulador inercial, el calentador sanitario, el cuadro eléctrico y toda la instalación hidráulica.

Considerando que es mejor dejar un espacio libre de por lo menos 60 cm alrededor de la caldera, se puede afirmar que la superficie mínima tiene que ser de unos 8-10 m<sup>2</sup> (2-2,5 x 4). Para los sistemas de más de 35 kW, se prevé que tengan una puerta de entrada independiente desde el exterior. Para estos sistemas es necesario presentar el proyecto de la central térmica a los bomberos y comunicarlo al Instituto Nacional para la Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Para la normativa sobre la seguridad se considera la potencia térmica total de todas las calderas presentes en el mismo local, que se puedan encender simultáneamente.

Si en el mismo cuarto de caldera se encuentran una caldera de leña y una de gas o gasóleo, con posibilidad de que funcionen de forma simultánea, es necesario que cada caldera tenga su propia chimenea independiente.

### *Chimenea.*

La chimenea es un componente importante del sistema de calefacción de leña. Su función no es sólo la de alejar y dispersar los humos, sino también asegurar, a través de un tiro adecuado, el buen funcionamiento de la caldera.

El tiro debe ser tanto mejor cuanto más calientes sean los humos que pasan por la chimenea. Por esta razón, la chimenea debería tener un buen aislamiento térmico. Otra razón importante para aislar térmicamente la chimenea es evitar que la temperatura de los humos baje al nivel de condensación, ya que en ese caso se ensuciarían rápidamente las paredes de la misma, hasta atascarse.

Las chimeneas de acero inoxidable asiladas dan unas prestaciones óptimas. Estas chimeneas necesitan en la base un desagüe para el producto de la condensación y tienen un buen tiro incluso con bajas temperaturas de los humos. Permiten obtener los mejores resultados de los modelos de calderas de leña tecnológicamente más avanzados, en los que la temperatura de los humos pueden bajarse hasta un poco más de los 100° C, aumentando considerablemente el rendimiento del sistema.

Sea cual sea la chimenea presente en un sistema de leña, es muy importante realizar una limpieza profunda por lo menos una vez al año, incluso con la ayuda de un deshollinador.

### *Combustible.*

Para reducir la formación de condensación corrosiva y la producción de humos, las calderas a llama invertida se deberían alimentar solo con leña para quemar con un contenido de humedad que no supere el 25%. Esto se logra con un secado de por lo menos un año al aire, preferiblemente debajo de un cobertizo.

Se pueden utilizar prácticamente todas las especies de árboles, incluidas las coníferas o maderas ligeras como el álamo. De todos modos, los mejores resultados, en términos de duración de la combustión, se obtienen con especies fuertes como robinia, haya o

encina. La leña lista para su utilización se coloca adecuadamente en una leñera cerca del cuarto de caldera, a la que se trasladará con la ayuda de una carretilla.

Para calentar un chalet de unos 150 m<sup>2</sup> son necesarios aproximadamente 80-100 quintales de leña cada año.

#### 4.5.2 Calderas de astillas.

##### *Características generales.*

Las calderas de astillas utilizan madera virgen cortada en pequeños trozos de unos centímetros de tamaño, cargados automáticamente a través de dispositivos mecánicos especiales. El combustible procede de materiales diferentes, como podas desmenuzadas, desechos de serrería o biomasa procedentes de las actividades forestales (corte de monte bajo, aclareos, cortes de conversión, etc.).

Los sistemas de astillas son totalmente automatizados y no tienen límite de tamaño, pudiendo alcanzar potencias de incluso varios MW térmicos. El rendimiento y el confort son los mismos que los de las calderas de gas o gasóleo. Por sus características de automatización y ahorro de actividad, los sistemas de astillas están especialmente indicados para la calefacción en edificios de tamaño medio o grande, como hoteles, escuelas, comunidades, hospitales y centros comerciales.

##### *Componentes.*

- Caldera
- Contenedor o local especial (silo) para almacenar las astillas
- Sistema de movimiento del combustible
- Centralita de regulación
- Eventual acumulador inercial

##### *Principios de funcionamiento.*

Debido a que la carga del combustible en la caldera se realiza de forma automática, es necesario que al lado del cuarto de la caldera haya un local (silo) para el almacenamiento del combustible.

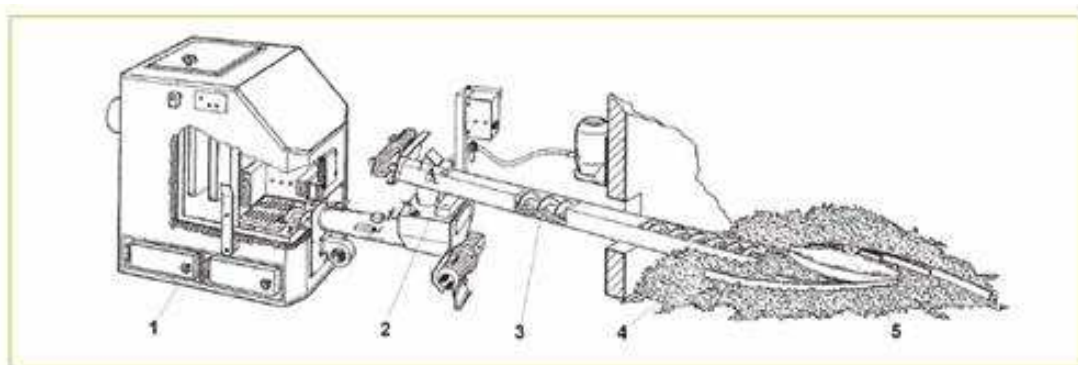


Figura 3. Esquema de una central térmica de chipeado

Para facilitar las operaciones de descarga de las astillas en el lugar de almacenamiento, es conveniente que el silo esté situado bajo el nivel del suelo. Desde el silo de alimentación, las astillas se sacan automáticamente y se envían, a través de un

alimentador-dosificador, a la caldera, donde se realiza su combustión completa mediante la inserción de aire, primaria y secundaria.



La combustión se realiza en calderas con rejilla; ésta puede ser:

- fija, para quemar materiales finos y con un bajo contenido de humedad;
- móvil, para quemar combustibles de tamaño más grueso o con un gran contenido de cenizas y humedad (hasta el 50% en peso de agua), como la biomasa forestal recién cortada.

En los sistemas más avanzados, el flujo de astillas y la combustión están regulados continuamente por un microprocesador según la demanda de energía del usuario y la temperatura y concentración de oxígeno de los humos (regulación  $\lambda$ ).

El sistema puede modular la potencia repartida manteniendo la combustión óptima incluso con diferentes combustibles, tanto con la carga llena como con la carga al mínimo. El encendido de las astillas se puede realizar manual o automáticamente, a través de dispositivos eléctricos o con combustible líquido.

En algunos modelos existe la función de mantenimiento de brasas, que permite a la caldera mantener una pequeña cantidad de brasas encendidas durante las pausas de funcionamiento, permitiendo así un encendido inmediato al volver a activar el sistema.

#### *Sistemas de seguridad.*

Las calderas de astillas, al igual que las de leña para quemar, están actualmente obligadas a tener el vaso de expansión abierto. A diferencia de las calderas para leña en tarugos, las calderas de astillas tienen un depósito que contiene sólo pequeñas cantidades de combustible, que se quema rápidamente cuando llega a la rejilla de combustión. Por esta razón, el riesgo de ebullición en caso de emergencia en estas calderas es menor respecto a las de leña.

Los dispositivos de seguridad que siempre deberían encontrarse en los sistemas térmicos de astillas son los relativos al sistema de alimentación del combustible, para evitar eventuales retornos de llama de la caldera al silo de almacenaje.

Un primer sistema, de gran importancia, tiene como finalidad interrumpir la continuidad física del flujo de astillas del silo a la caldera. Por esta razón los sistemas de astillas tienen a menudo una tolva de caída del combustible colocada entre dos diferentes alimentadores de tornillo sin fin, de los cuales uno procede del silo y el otro lleva el material a la caldera. El flujo de astillas, en caída libre en la tolva, se puede interrumpir fácilmente en caso de emergencia gracias a un cierre corta-llama o a una válvula (más cara) con forma de estrella, que mantiene permanentemente la interrupción. En la parte final del tornillo sin fin procedente del silo, se puede además

instalar una válvula de seguridad térmica conectada a la conducción de agua, que en caso de emergencia introduce agua en el canal del alimentador de tornillo sin fin impidiendo la propagación del retorno de llama.

Se pueden dar condiciones favorables al retorno de llama hacia el silo cuando en el hogar haya una presión positiva, mientras que el riesgo es mínimo si la cámara de combustión se mantiene constantemente en depresión. Por esta razón, los diferentes modelos de calderas de astillas tienen dispositivos para el control de la presión en el hogar.

#### *Diseño del sistema.*

Para decidir el diseño de los sistemas de calefacción de astillas se pueden utilizar criterios parecidos a los de los sistemas convencionales de gas o gasóleo. Si se quiere instalar o mantener en activo una caldera de gas o gasóleo con función de reserva o emergencia, la caldera de astillas podría tener un tamaño aproximado del 70% de la potencia máxima estimada.

Esto permite ahorrar en la compra e instalación, ya que los picos de demanda de potencia en los sistemas de calefacción son generalmente de breve duración y limitados a algunos días del mes más frío; de esta manera se logra, con la energía de la biomasa, cubrir más del 90% de la demanda total de calor.

En el caso de que una sola caldera de astillas tenga que proporcionar la calefacción a muchos usuarios conectados por una red de calefacción, la potencia de la caldera de biomasa corresponde a la suma de las potencias de todos los usuarios conectados menos un coeficiente de simultaneidad que considera las características de la necesidad térmica de los diferentes usuarios. El valor de este coeficiente tiene que ser evaluado caso por caso, y a menudo se sitúa entre 0,6 y 0,7.

#### *Almacenamiento de las astillas.*

El silo de almacenamiento de las astillas debería estar en un local al lado del cuarto caldera o colocado muy cerca de éste.

Una de las condiciones más importantes para la construcción de un sistema de calefacción de astillas es la disponibilidad de un local para el almacenamiento, en una posición accesible para los medios de transporte del combustible, con un espacio adecuado para las maniobras de los mismos.

El silo tiene que tener unas determinadas dimensiones en función de la potencia y del rendimiento de la caldera, de las características del combustible y de la autonomía requerida. De forma indicativa, el poder calorífico neto de las astillas está comprendido entre 600 y 900 kWh/m<sup>3</sup> según el tipo de madera y el contenido de humedad. La densidad está comprendida entre los 200 y los 400 kg/m<sup>3</sup>.

A continuación se presenta un ejemplo de las dimensiones de un silo de almacenamiento:

- Potencia nominal de la caldera: 100 kW
- Rendimiento térmico de la caldera: 80%
- Poder calorífico de las astillas: 800 kWh/m<sup>3</sup>
- Autonomía de funcionamiento requerida: 1 mes

El consumo horario de la caldera a la potencia nominal es el siguiente:

$$100/(800*0.8) = 0,15 \text{ m}^3/\text{h}$$

Suponiendo que la caldera funcione 12 horas al día al máximo de la potencia, el consumo mensual será de:

$$0,15 * 12 * 30 = 54 \text{ m}^3$$

El silo de almacenaje se puede colocar en un local ya existente o en uno construido. En cualquier caso tiene que estar cuidadosamente protegido de filtraciones de agua.

En la base del silo se coloca el extractor de astillas, que lleva el combustible al canal transportador. En los sistemas pequeños, para potencias hasta 300–500 kW y capacidad hasta aproximadamente 100 m<sup>3</sup>, se utiliza normalmente un extractor con brazo giratorio, que requiere una sección del silo circular o cuadrada.

Para sistemas de mayor potencia se utilizan extractores a fondo móvil, formados por una o más rejillas paralelas accionadas hidráulicamente que, con un lento movimiento hacia adelante y hacia atrás, empujan las astillas al canal del alimentador de tornillo sin fin.

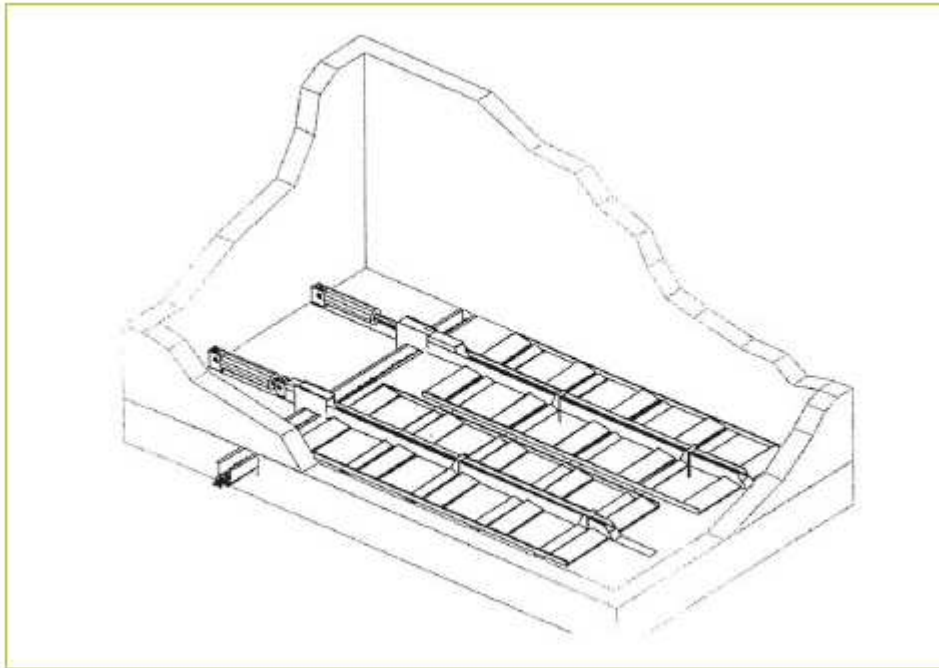


Figura 5. Esquema de un extractor de chipeado a fondo móvil

### *Combustible.*

El término astillas indica genéricamente un combustible derivado de la trituración de la madera virgen procedente de diferentes fuentes: podas, deshechos de serrería, manutención del bosque, etc. El tamaño y la forma de los trozos de madera varían en función del material de origen y del tipo de máquina utilizada para la trituración. El precio varía mucho según las características del producto.

Para los sistemas pequeños con alimentador de tornillo sin fin el tamaño de las piezas es el factor fundamental de posibles situaciones críticas. El tamaño de las piezas no debería superar los 4 – 5 cm. Piezas de más de 7–8 cm, aunque estén presentes en pequeñas cantidades, pueden provocar atascos en el sistema de alimentación de la caldera y, por tanto, el bloqueo del sistema.

Para evitar estos inconvenientes es importante realizar siempre un cuidadoso control de la calidad del combustible, y descartar a los proveedores que no cumplan los requisitos necesarios de calidad del producto.

El contenido de humedad es un factor menos crítico, ya que numerosos modelos de calderas pueden quemar madera recién cortada (humedad 40 – 50 %) o ligeramente secada al aire.

Hay que tener en cuenta la humedad de las astillas, sobre todo a la hora de decidir su precio, ya que influye de forma inversamente proporcional al poder calorífico del combustible. En la siguiente tabla se puede encontrar información más detallada sobre la densidad energética de varias especies de árboles para astillar.

Especie	Humedad*	Astillas		Madera llena	
		Densidad energética (kWh/m <sup>3</sup> )	Densidad (kg/ m <sup>3</sup> )	P.C. neto (kWh/kg)	Densidad (kg/ m <sup>3</sup> )
Abeto	20%	686	170	4,03	485
Abeto	30%	662	192	3,44	548
Abeto	40%	640	224	2,86	640
Abeto	50%	610	269	2,27	768
Corteza abeto	20%	649	162	-	-
Corteza abeto	30%	626	183	-	-
Corteza abeto	40%	604	213	-	-
Corteza abete	50%	575	256	-	-
Alerce	20%	863	214	4,03	610
Alerce	30%	841	244	3,44	697
Alerce	40%	814	285	2,86	813
Alerce	50%	775	342	2,27	976
Pino silvestre	20%	799	198	4,03	565
Pino silvestre	30%	768	223	3,44	638
Pino silvestre	40%	743	260	2,86	744
Pino silvestre	50%	710	313	2,27	893
Haya/encina	20%	960	254	3,78	726
Haya/encina	30%	925	287	3,22	820
Haya/encina	40%	892	335	2,66	956
Haya/encina	50%	847	402	2,10	1148

\* La humedad está expresada como porcentaje del peso fresco

Fuente: Calentar con la madera. Provincia Autónoma de Bolzano

#### 4.5.3 Calderas de pellets.

##### *Características generales.*

El pellet es un combustible de madera virgen seca y prensada en pequeños cilindros, sin aditivos. El peso específico del pellet a granel es de aproximadamente 6-700 kg/m<sup>3</sup>, mucho más alto que el de otros combustibles no prensados de madera (astillas). El poder calorífico alcanza las 4.200 kcal/kg, con una densidad energética de 3000 – 3.400 kWh/m<sup>3</sup>.



A causa de la forma cilíndrica y lisa y del tamaño pequeño, el pellet tiende a portarse como un fluido, lo que facilita el movimiento del combustible y la carga automática de las calderas. El transporte puede realizarse con camiones cisterna, desde los cuales se bombea directamente en el depósito de almacenamiento del sistema. La alta densidad energética y la facilidad de movimiento hacen del pellet el combustible vegetal más indicado para sistemas de calefacción automáticos de todos los tamaños. El pellet de madera puede utilizarse en las calderas de astillas o en calderas proyectadas especialmente para pellet. Es posible incluso utilizar el pellet en algunos modelos de calderas de gasóleo, a través de quemadores especiales.

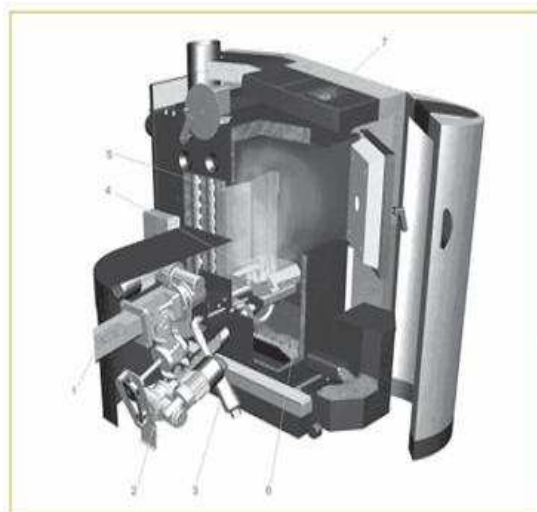
#### *Componentes.*

- Caldera
- Depósito del pellet
- Sistema de alimentación del pellet
- Centralita de regulación
- Eventual acumulador inercial

#### *Principio de funcionamiento.*

Las calderas de pellets, como las de astillas, requieren un contenedor para el almacenaje del combustible situado cerca de la caldera. Desde el mismo, un alimentador de tornillo sin fin lo lleva a la caldera, donde se realiza la combustión. Los quemadores de pellet para su uso en calderas de gasóleo se ponen en la parte anterior de la caldera. Se alimentan desde arriba y queman el pellet, desarrollando una llama horizontal que entra en la caldera, como suele suceder en los sistemas de gasóleo.

En cualquier caso, el encendido es automático y muy rápido, gracias a una resistencia eléctrica. En los sistemas más avanzados la regulación del aire comburente y del flujo de combustible se realizan automáticamente gracias a un microprocesador. Estas características de sencillez de empleo y de automatización confieren a los sistemas de calefacción de pellets un elevado nivel de confort. La primera de las figuras muestra un quemador de pellet aplicado a una caldera de gasóleo, y en la segunda podemos observar el esquema de una caldera de pellet moderna.



### *Sistemas de seguridad.*

Los dispositivos contra el retorno de llama del quemador hacia el depósito son elementos fundamentales para la seguridad de una caldera de pellet. El sistema más común consiste en colocar un tramo de caída libre del pellet entre el transportador sin fin y la caldera. Este tramo está normalmente constituido por un tubo flexible. Otros sistemas prevén cierres corta-llama o válvulas con forma de estrella.

En caso de corte del suministro de electricidad o de avería de la bomba de circulación, el riesgo de ebullición del agua es mucho menor que el de las calderas de leña, gracias a la pequeña cantidad de combustible presente en el hogar. De todos modos, ya que en muchos casos las calderas de pellets están preparadas también para la combustión de leña para quemar y tienen intercambiador de calor de emergencia, es buena idea engancharlo a una toma de agua fría e instalar una válvula de seguridad térmica.

### *Diseño del sistema.*

Las calderas de pellets de poca potencia tienen un depósito para el combustible de capacidad generalmente limitada a un centenar de litros. En los sistemas más sencillos, este contenedor se carga manualmente con las bolsas de pellet. En ese caso, la autonomía de funcionamiento es de unos días.

Para aumentar la autonomía y, por consiguiente, el confort es oportuno preparar un silo de almacenamiento, en el que el pellet se descarga automáticamente desde un camión cisterna. Basándose en el poder calorífico del pellet y en los rendimientos de conversión, el consumo horario de combustible a la potencia nominal de la caldera es de aproximadamente 0,25 kg/h (0,35 dm<sup>3</sup>/h) por kW.

Un silo de 10 m<sup>3</sup> confiere, por tanto, aproximadamente 1.500 horas de autonomía de funcionamiento a la máxima potencia para una caldera de 20 kW. Si el silo de almacenamiento está cerca del cuarto de la caldera, un transportador sin fin de características normales es suficiente para llevar el pellet a la caldera. Si por el contrario, el silo está colocado más lejos -hasta diez metros o más del cuarto de la caldera- el transporte se puede realizar con alimentadores de tornillo sin fin flexibles, o con sistemas neumáticos.

En cualquier caso, hay que prestar especial atención en evitar infiltraciones de agua en el silo de almacenaje, que podrían provocar una hinchazón del pellet, hasta hacerlo inutilizable.



Figura 9. Instalación de una caldera de pellet con extractor neumático

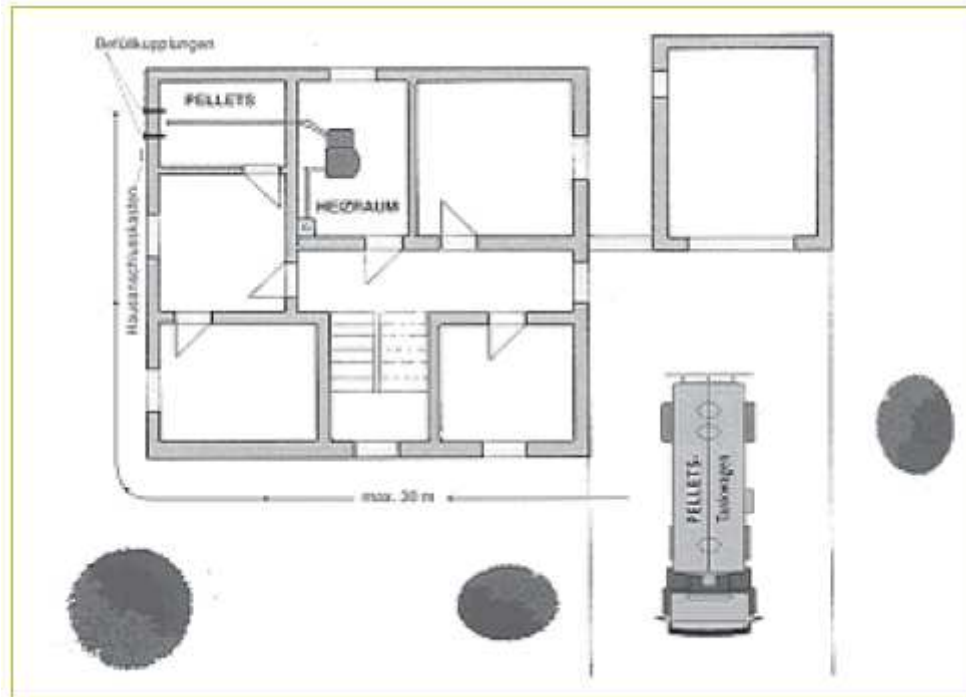
#### *Combustible.*

El pellet está disponible en el mercado en diferentes formas:

- Bolsas pequeñas de 15 kg, utilizadas para estufas, chimeneas y pequeñas calderas con depósito de carga manual
- Bolsas grandes de 800 – 1.000 kg, se pueden utilizar con la inserción de un alimentador de tornillo sin fin o en sistemas con silo de almacenaje enterrado
- A granel, transportado mediante un camión cisterna especialmente equipado para bombearlo directamente en un silo de almacenaje

El sistema basado en la entrega del pellet a granel es parecido al que se utiliza para suministro del gasóleo y por su rapidez y simplicidad es el más adecuado para todos los sistemas de calefacción de pellet.

El suministro se puede realizar hasta unos 20 – 30 metros desde el lugar donde se para el camión. Para evitar la difusión de polvo en el aire, los camiones cisterna tienen un dispositivo que aspira el aire del silo durante el bombeo del pellet y lo hace circular.



## 4.6 COMBUSTIBLES.

### 4.6.1 Clasificación de combustibles.

Algunos tipos de biocombustibles sólidos que existen son los siguientes:

- **Astillas:** Las astillas de madera son trozos pequeños de entre 5 y 100 mm de longitud cuya calidad depende fundamentalmente de la materia prima de la que proceden, su recogida y de la tecnología de astillado. Como ventaja tiene que, al ser un combustible que tiene un pretratamiento relativamente sencillo (astillado y, en su caso, secado), tienen un coste inferior a biomásas producidas industrialmente. Se pueden producir localmente y pueden ser un combustible de alta calidad para calderas de cualquier tamaño, aunque precisan de mayor espacio de almacenamiento que los pellets. Sin embargo, el control de calidad de las astillas de madera y de los residuos agroindustriales es muy importante ya que sus características son poco homogéneas, principalmente en lo que se refiere al poder calorífico y la humedad. Las astillas muy húmedas ( $> 40\%$ ), y los trozos de madera grandes en las astillas son poco recomendables en la mayoría de las calderas para edificios y viviendas.
- **Residuos agroindustriales:** Los residuos agroindustriales adecuados para su uso como combustible en calderas de biomasa son fundamentalmente los provenientes de las industrias de la producción de aceite de oliva y aceituna, de las alcohólicas y la uva, y de los frutos secos. En general, los proveedores suelen reducir su grado de humedad mediante procesos de secado con el objetivo de aumentar su poder calorífico inferior. Normalmente, son combustibles económicos y de buena calidad, aunque en algunos casos se debe prestar una especial atención a las distintas calidades de una



misma biomasa. Por ejemplo, el hueso de aceituna es recomendable que esté limpio de pieles o pellejo, para reducir las labores de mantenimiento y mejorar la operación.

- Leña: La leña proviene de trocear troncos que no van a ser utilizados para producir madera, y pueden producirse localmente por los propios usuarios. Al igual que ocurre con el resto de la biomasa, la energía que producen en la caldera va a depender del tipo de madera y de la humedad que contenga. La leña debe introducirse manualmente en la caldera, normalmente varias veces al día. Por lo tanto, los sistemas de calefacción de leña son semiautomáticos, con la ventaja de que esta biomasa es muy económica. Existen calderas que funcionan exclusivamente con leña, y otras que funcionan con leña y astillas o pellets y que tienen un mayor campo de aplicación.
- Pellets: Los pellets de biomasa son un biocombustible estandarizado a nivel internacional (UNE-EN ISO 12086-1:2000). Se forman pequeños cilindros (como se puede apreciar en la figura) procedentes de la compactación de serrines y virutas molturadas y secas, provenientes de serrerías, de otras industrias, o se producen a partir de astillas y otras biomasa de diversos orígenes, como los agropellets. En el proceso de peletización no se utilizan productos químicos sino simplemente presión, aunque es posible encontrar también un porcentaje reducido de aditivos biológicos.



Es aconsejable exigir al suministrador de pellets que indique explícitamente el origen y tipo de biomasa del que están compuestos para evitar malentendidos con otros tipos de pellets no aptos para las calderas de biomasa.

En general, un buen pellet de madera presenta menos de un 10% de humedad y una durabilidad mecánica mayor del 97,5%. El contenido de finos no pasa del 1% ó 2% mientras que las cenizas y el azufre se sitúan en torno al 0,7% y 0,05%, respectivamente. Los aditivos no deben representar más de un 2% en peso en base seca y como compactadores sólo son válidos productos de la biomasa agrícola y forestal que no han sido tratados químicamente. En todo caso, el tipo y la cantidad de aditivos tienen que ser especificados por el fabricante.

Considerando un poder calorífico cercano a 4.300 kcal/kg (unos 18 MJ/kg), puede establecerse que de 2 a 2,2 kilogramos de pellets equivalen energéticamente a un litro de gasóleo. Las calderas denominadas “de pellets” normalmente admiten pellets de calidades medias y altas, siendo, en principio, el único tipo de combustible admitido por estos equipos aunque, realizando los ensayos y pruebas necesarios por parte de los fabricantes, pueden llegar a utilizar otros. También existen calderas de biomasa que pueden funcionar con pellets de calidad inferior, más económicos aunque con mayor porcentaje de cenizas y menor poder calorífico.

Una de las características a considerar en los pellets es su posible degradación para ciertos porcentajes de humedad, por lo que siempre deben estar almacenados en recintos impermeabilizados, tanto en los puntos de suministro como en el almacenamiento en edificios y viviendas. Es imprescindible exigir una durabilidad mecánica mínima para evitar la desintegración de los pellets en polvo, el cual posee unas propiedades de combustión diferentes y genera problemas en los procesos de transporte, descarga, almacenamiento y combustión. La degradación del pellet puede dar lugar a finos que implican una mayor emisión de polvo en los almacenamientos, daños en las calderas, menor eficiencia y más cenizas volantes.

#### **4.6.2 Selección del biocombustible.**

Procedemos a realizar una comparativa más esquemática y detallada entre los diversos combustibles, viendo sus ventajas, desventajas, características, para poder decidir el que usaremos en nuestro proyecto.

##### *-Pellets.*

##### Ventajas:

- Elevado poder calorífico.
- Muy bajo contenido en cenizas, reduciendo las necesidades de operación y mantenimiento.
- Las calderas de pellets son de muy alta eficiencia, incluso existen calderas de condensación de pellets.
- Se comercian a nivel internacional, con una composición constante.
- Se utilizan con composiciones estándar en Europa.

##### Inconvenientes:

- Elevado precio en comparación con otras biomasas.

##### Consideraciones:

- Precisa de almacenamiento en lugar aislado y seco.
- No necesita ningún tipo de secado o tratamiento una vez producido.
- Están estandarizados, por lo que presentan alta fiabilidad de operación y menor esfuerzo para la operación y mantenimiento de la caldera. Sin embargo, su coste es elevado debido al tratamiento al que son sometidos en su preparación.

##### *-Astillas.*

##### Ventajas:

- Su coste de producción es inferior al de los pellets debido al menor proceso de elaboración requerido.
- Las astillas limpias de corteza y secas son normalmente de alta calidad.
- Tiene un grado medio de estandarización a nivel Europeo.

##### Inconvenientes:



- Son menos densas que los pellets, por lo que precisan de un espacio mayor para el almacenamiento.
- Al ser menos densas, el transporte sólo se justifica hasta una distancia corta (< 50 km).

Consideraciones:

- Su composición es variable.
- Es preciso secar la materia prima de forma natural o artificial hasta una humedad inferior al 45%, o incluso menor que el 30% en el caso de las mejores astillas.
- Presentan un contenido en cenizas inferior al 1- 5% .

*-Residuos agroindustriales.*

Ventajas:

- Disponibilidad y tipos (abundancia de productos y cantidades).
- Grandes producciones en España.
- Su coste de producción es inferior debido al ser subproductos de un proceso.
- Normalmente tienen un elevado poder calorífico, pero se debe tener precaución con la calidad de la biomasa que va a adquirirse, evitando biomásas con residuos no deseados.

Inconvenientes:

- Su contenido en cenizas, aunque es aceptable, es superior al del pellet, por lo que las labores de mantenimiento tenderán a ser mayores.

Consideraciones:

- Pueden ser biomásas estacionales, por lo que su suministro, si es directamente del productor, debe acordarse durante la temporada.
- Composición variable.

*-Leña.*

Su uso es poco frecuente y prácticamente exclusivo para calderas pequeñas y de un grado de automatización medio, ya que hay que introducir leña varias veces al día (los días de mayor consumo). El contenido en cenizas es elevado, dificultando la limpieza y mantenimiento de la caldera.

Observando las ventajas y desventajas de todos los combustibles, nos decantamos por los pellets, dado su gran rendimiento, la sencillez de su mantenimiento, su facilidad logística y las grandes ventajas a largo plazo. A continuación aumentaremos la información sobre el tipo de combustible elegido, centrándonos en su fabricación y almacenamiento.

#### **4.6.3 Fabricación de pellets.**

Etapas del proceso de producción de pellets:

*- Suministro de materia prima a la planta:*

Para que una planta de fabricación de pellets sea rentable y produzca beneficios, es necesaria la disponibilidad de materia prima de buena calidad (bajo contenido en sílice y otras materias minerales), homogeneidad en composición, humedad y granulometría, cantidad suficiente y, garantía de suministro.

*- Secado forzado:*

El secado es una operación imprescindible por la elevada humedad que presenta el serrín según se produce en el aserradero. Esta operación se puede realizar en un

secadero rotatorio directo, cuyo flujo secante proviene de los gases de combustión desprendidos por una caldera de biomasa alimentada con la viruta y/o los rechazos del serrín.

*- Refinado del material:*

El material, una vez secado, se hace pasar por un molino refinador que iguala los tamaños de partícula a un máximo de 5 mm. La materia prima seca y refinada se transporta de forma neumática a un silo previo al peletizado.

*- Compactación:*

En función de la forma de la matriz empleada, se pueden diferenciar dos tipos de peletizadoras. Por un lado, la de matriz plana, en la que uno o varios rodillos pasan sobre el producto y lo extruyen entre los orificios que posee la matriz. Por otra parte, la peletizadora de matriz anular, que tiene forma de corona circular agujereada, con una luz y espesor determinados, sobre la cual giran excéntricamente uno o varios rodillos. La matriz es una pieza estática, que sufre grandes abrasiones ya que los rodillos interiores presionan el material, produciéndose la densificación en las canaletas. La forma de los pellets dependerá directamente del tipo de orificio existente en la matriz. Los equipos de matriz plana presentan la ventaja de duplicar la vida media de las matrices por ser estas reversibles, además de ser más baratas que las del tipo anular. La matriz anular parece producir pellets más largos sin mermar su consistencia. Es decir, ambas tienen ventajas e inconvenientes, y los fabricantes no se decantan claramente por ninguno de los dos tipos.

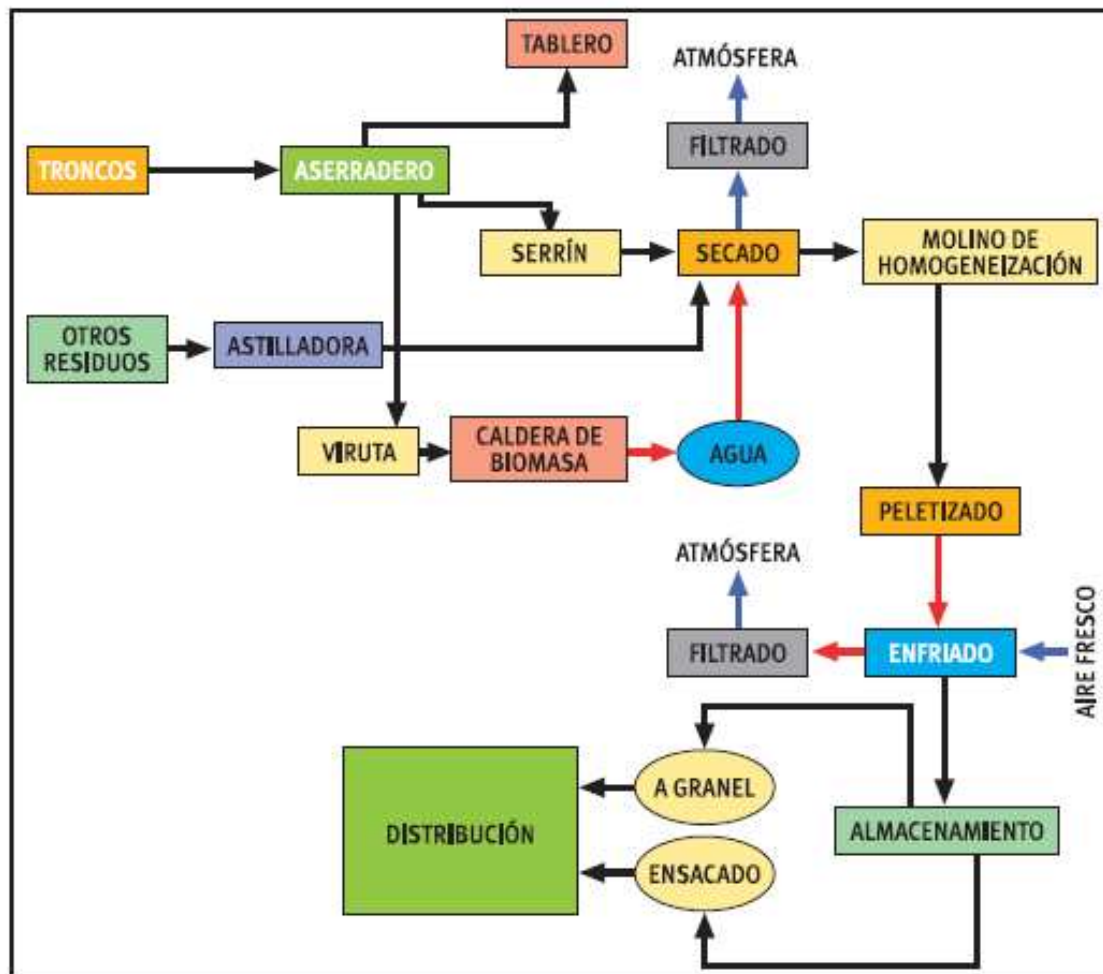
*- Enfriado de pellets:*

Una vez elaborados, los pellets se deben enfriar suave y lentamente para evitar que produzcan fisuras. El enfriado de pellets se realiza mediante un flujo de aire a contra corriente. El aire es el que asciende verticalmente adquiriendo el calor de los pellets, mientras estos bajan cediendo calor.

*- Almacenamiento y logística:*

Generalmente el almacenamiento se realiza en sacos de 15-25 kg, que son los más comercializados en Europa, en big bags o en una tolva para granel. Lo más cómodo para el usuario es la distribución con camiones cisterna, que mediante un sistema neumático, entregan la cantidad de pellet solicitada, de igual manera que el suministro de gasoil.

De forma esquemática:



#### 4.6.4 Tipos de almacenamiento.

Existen diferentes sistemas de almacenamiento para la biomasa:

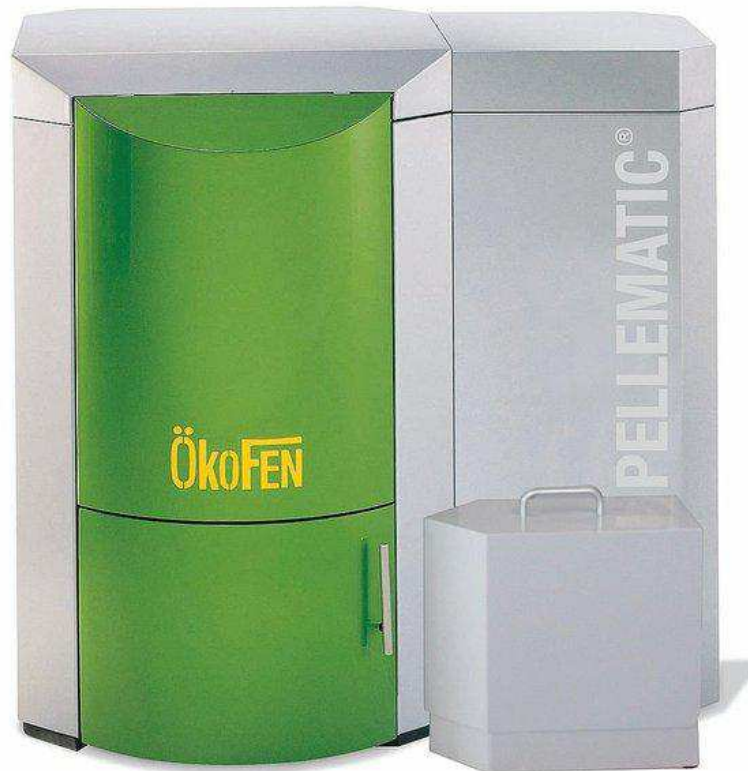
- Contenedor de almacenamiento: Este sistema es la opción más razonable para usuarios que dispongan de poco espacio (hasta 300 kg).
- Silo textil: Este sistema es óptimo en lugares en los que haya espacio suficiente para su instalación, debido a que presenta una mayor autonomía que el anterior al tener una capacidad de 2 a 5 toneladas.
- Depósito subterráneo: Cuando no existe espacio suficiente para el almacenamiento de combustible, se podrá utilizar este tipo de depósito en el exterior de la vivienda, que mediante un sistema neumático transporta los pellets a la caldera.
- Silo de almacenamiento de obra: En este sistema se pueden dar dos casos distintos: silo con suelo inclinado con un tornillo sinfín que transporta el combustible a la caldera, o silo con alimentación neumática que permite que el silo este situado hasta a 30 metros de la caldera.

### 4.7 INSTALACIÓN.

#### 4.7.1 Caldera.

La caldera que elegimos será de la marca Ökofen, modelo Pellematic PE15 que desarrolla una potencia de 15 kW, de acuerdo con nuestras necesidades reflejadas en los cálculos.

Estas calderas funcionan únicamente con pellets. A causa de la forma cilíndrica y lisa y del tamaño pequeño, el pellet tiende a comportarse como un fluido, lo que facilita el movimiento del combustible y la carga automática de las calderas.



#### 4.7.2 Silo.

Las dimensiones del silo dependen de la demanda calorífica del edificio, sin embargo, el silo a instalar deberá tener la capacidad para contener una cantidad de pellets suficiente para un año de consumo.

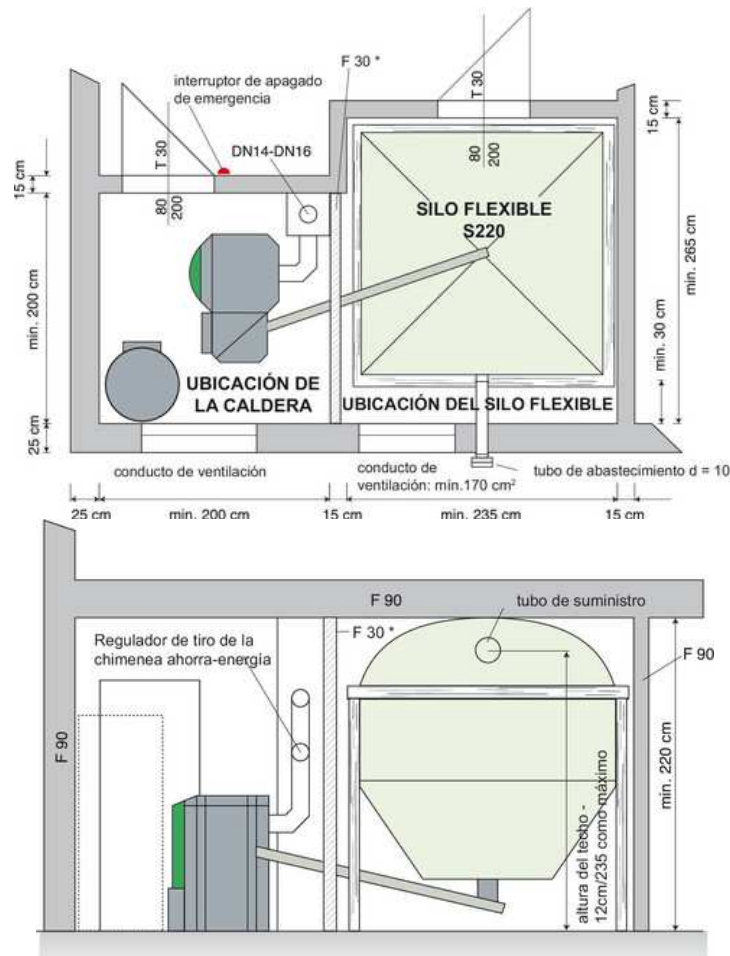
Se calcula que por cada kilovatio son necesarios 250 kg de pellets. Entonces, en nuestro caso se necesitará un silo de 3500 kg. El más aproximado será de 3,1-3,6 t, modelo S220H de la marca Ökofen.

En un principio se quería ubicar la instalación en la sala de calderas, pero las dimensiones del silo eran mayores que el recinto. Se definieron dos soluciones, o escoger un silo de menor tamaño aunque hubiera que recargarlo más frecuentemente que el ideal, o situar la instalación en otro punto adecuado donde no hubiera problemas de espacio. Para reducir costes, se eligió siempre que fuera posible reubicar el conjunto. Analizando las diversas opciones, al ser segunda residencia, el garaje apenas se usa, además, se cuenta con una plaza propia de aparcamiento al aire libre. Con lo que se concluyó que la instalación de biomasa estará colocada en el garaje. Otra ventaja que tiene es que facilita la recarga del silo a través de la puerta del garaje.



Aparte necesitaremos un sistema de alimentación a la caldera, el cual se realizará mediante tornillo sinfín desde el silo hasta la caldera. Los silos flexibles son una solución de almacenamiento muy práctica y económica. El silo flexible está confeccionado con un tejido de poliéster de alta calidad y resistencia que ofrece numerosas ventajas: un montaje rápido, permeabilidad al aire y al mismo tiempo impide el filtrado de polvo hacia el exterior, propiedades antiestáticas de alta durabilidad, posibilidad de instalación externa, ideal en donde se tienen bodegas y sótanos húmedos (debe estar protegido contra lluvia y rayos UV).

La alternativa más económica de extracción de los pellets del depósito para la alimentación de la caldera es utilizando el sistema de tornillo sinfín, este sistema, sin embargo, sólo puede ser puesto en práctica cuando el silo flexible está instalado de manera adyacente a la caldera.



#### 4.7.3 Regulador del circuito.

El regulador que más nos conviene por sus características es el PELLETRONIC PLUS, que es un regulador del circuito de calefacción y A.C.S. gestionado por condiciones atmosféricas, el cual controla totalmente la gestión de la energía en el sistema de calefacción, incluyendo bombas y válvulas mezcladoras del circuito de calefacción, producción de ACS, sistemas con depósito de inercia así como sistemas solares.



Tiene las siguientes características:

- Botones de fácil manejo.



- Horario preinstalado, con 2 años de reserva.
- Limitación de la temperatura automática, adaptación a la curva térmica y optimización del tiempo de calefacción.
- Programas personalizados de temporización y regulación de temperatura para los circuitos de ACS y calefacción.
- Control funcional sin desmontajes ni accesorios suplementarios.
- Visualización permanente de la temperatura y del estado de funcionamiento.
- Posibilidad de conexión con otros reguladores mediante cable bus a 2 polos.
- Control remoto funcional y estéticamente bello, apropiado para ser instalado en el hogar como centro de comando e información.
- Función cascada integrada.

#### 4.7.4 Combustibles.

El combustible que se va a emplear es el pellet, debido a que tiene un alto poder calorífico (4.000-5.000 Kcal/kg), es el que cuenta con más facilidad de almacenamiento y mantenimiento y su costo es bajo respecto al de otros combustibles (0,25 €/kg aproximadamente).

#### 4.7.5 Sala de calderas.

Como hemos visto en el punto 4.7.2 de la presente memoria, los elementos principales de la instalación se colocarán en el garaje, con lo que tendremos que revisar la normativa para verificar si la estancia cumple con los parámetros mínimos que debería poseer una sala de calderas, ya que se utilizará como tal.

Hay cuatro aspectos que tendremos que tener en cuenta para cumplir la normativa de incendios (Código Técnico de la edificación. Documento básico de “Seguridad en caso de incendios”. CTE-DB-HR y el Documento básico de “Protección contra el ruido”) en la sala de calderas:

##### *1. Tipo de tabique que separa la vivienda y la sala de calderas.*

NORMATIVA A CUMPLIR: Código Técnico de la edificación. Documento básico de “Seguridad en caso de incendios”. CTE-DB-SI- Apartado 1.

- Según la tabla 1.1. del SI 1 “Condiciones de compartimentación entre Sectores de Incendio”, se indica que se considerarán distintos sectores de incendio. “Toda zona cuyo uso previsto sea diferente y subsidiario del principal del edificio en el que esté integrado”. En nuestro caso, el uso principal del edificio sería residencial privado, por lo que el garaje y sala de calderas será según esto un sector de incendios independiente.

- Según la tabla 2.1. del SI 1 “Clasificación de los locales y zonas de riesgo especial integrados en edificios”, un aparcamiento de vehículos de menos de 100 m<sup>2</sup>, se considera un local de “Riesgo Bajo”. Consideramos que en este local podrán almacenarse los “Pellets”, por lo que se tratará de un “Almacén de combustible sólido para la calefacción” y por lo tanto se considerará un local de Riesgo medio.

- Según la tabla 2.2. del SI 1 “Condiciones de las zonas de riesgo especial integrados en edificios”, deberemos cumplir los siguientes requisitos:

o Resistencia al fuego de la estructura portante: R 120. En la estructura de hormigón prevista(vigas y pilares) las secciones y recubrimientos garantizan este punto.

o Resistencia al fuego de las paredes y techos que separan la zona del resto del edificio: EI 120. Los tabiques que separen el garaje-sala de calderas, de la vivienda deberán de ser al menos de ladrillo hueco doble colocado a ½ asta, revestido con un enfoscado de mortero de 1 cm a las dos caras, con un espesor total de 11 cm, o de termoarcilla con un enlucido del mismo espesor.

No habrá falso techo.

Con el fin de garantizar también el aislamiento acústico (CTE-DB-HR y el Documento básico de “Protección contra el ruido”)los tabiques serán de ½ asta de ladrillo perforado revestidos de raseo de cemento, con un espesor total de 14 cm, o de termoarcilla con enlucido del mismo espesor. Se cumple ya que el espesor es mayor en toda la zona de contacto.

o Necesidad de vestíbulo de independencia en cada comunicación de la zona con el resto del edificio. SI. Se prevé un vestíbulo de independencia. Del mismo material que el resto de tabiquería, y un espesor total de 22 cm.

o Puertas de comunicación con el resto del edificio: 2 de EI<sub>2</sub> 30-C05. Colocaremos puerta EI 60 de chapa de acero lacada, estándar.

o Máximo recorrido de evacuación hasta alguna salida del local < 25m. Cumplimos este requisito.

*2. Tipo de puertas a colocar en la separación entre la sala de calderas y la vivienda.*

Colocaría dos puertas de la marca “Padilla o similar RF 60” que superan el RF 30 que necesitamos. Con las siguientes características:

Forma del marco	Cercos TUBULAR a. galva e=1,2mm	
Grosor de la hoja	53mm	
Grosor de la chapa	0,7mm	
Núcleo	Lana de Roca de 150 kg/m <sup>3</sup>	
Perfil estanqueidad	SI	Intumescente

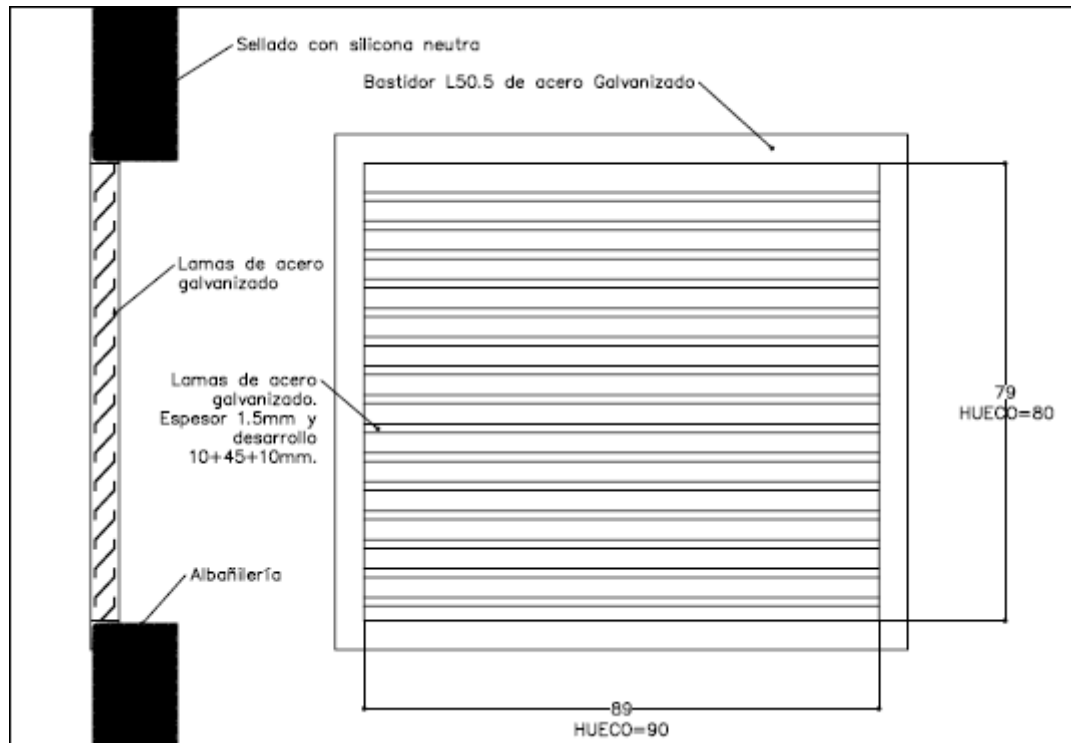
Bisagras	2	A. galvanizado V.8000
Aislamiento térmico Ud	Sin ensayo	
Aislamiento acústico	38 dB	
Color por defecto	RAL 7035	

Con esta puerta además de cumplir la normativa de protección contra incendios, estaríamos garantizando el cumplimiento de la normativa de aislamiento acústico entre los distintos locales (CTE-DB-HR y el Documento básico de “Protección contra el ruido”).

### 3. Tipo de rejilla de ventilación natural de la sala de calderas.

Según la norma UNE 12101-2: 2004. Parte 2: “Especificación para extracción natural de humos y calor”. Esta norma nos remite al punto 8 del CTE-DB-SI “Control de humo de incendio”, que indica que será necesaria la colocación de un sistema de ventilación natural en los aparcamientos que no se consideren aparcamientos abiertos, como es nuestro caso.

Para cumplir este apartado, sustituiremos una ventana por una rejilla, como la del detalle.



### 4. Extinción de incendio.

- Según la tabla 1.1. del SI 4 “Dotación de instalaciones de protección contra incendios”, se deberá colocar un extintor de eficacia 21<sup>a</sup>-113B, en las zonas de riesgo especial.

- Según la tabla 2.1. del SI 1 “Clasificación de los locales y zonas de riesgo especial integrados en edificios”, los aparcamientos y salas de calderas son locales riesgo especial.

Con esto justifico la necesidad de colocar un extintor de eficacia 21<sup>a</sup>-113B en nuestro garaje-sala de calderas. Se puede colocar un extintor de polvo polivalente ABC de 6 Kg.

#### 4.7.6 Mantenimiento.

Es muy importante la elección de la potencia de la caldera, ya que un correcto funcionamiento aporta las condiciones óptimas de operación, reducción de la gestión de las cenizas, la limpieza de la caldera y las averías debidas a bajas demandas de potencia. El tiempo de dedicación requerido depende de varios factores: si la recepción del combustible se realiza sin la presencia del usuario, si la biomasa atasca o interrumpe el sistema de alimentación, si la supervisión del sistema se realiza mediante telecontrol en el caso de astillas, pellets o residuos agroforestales.

Todas estas actividades abarcan:

- El control visual de la caldera un par de veces a la semana si es posible.
- Adquisición del combustible.
- Gestión de las cenizas.

Es obvio que el tiempo dedicado depende del tamaño de la instalación y del consumo de biomasa. En instalaciones pequeñas el tiempo dedicado será menor, que es nuestro caso.

## 5. PROGRAMA CHEQ4.

### 5.1 INTRODUCCIÓN.

Una vez definidos todos los aspectos de nuestro proyecto, vamos a buscar una herramienta que nos pueda asegurar que cumplimos la norma básica en este tipo de instalaciones, la sección HE4 del CTE. Existen multitud de programas que podemos usar, y todos ellos utilizan diferentes metodologías de cálculo. Las más usadas son la de F-Chart, y MetaSol, que procedemos a analizar para ver que solución escogemos.

#### • MÉTODO DE CÁLCULO F-CHART.

Para el dimensionado de las instalaciones de energía solar térmica se sugiere el método de las curvas  $f$  (F-Chart), que permite realizar el cálculo de la cobertura de un sistema solar, es decir, de su contribución a la aportación de calor total necesario para cubrir las cargas térmicas, y de su rendimiento medio en un largo período de tiempo.

Ampliamente aceptado como un proceso de cálculo suficientemente exacto para largas estimaciones, no ha de aplicarse para estimaciones de tipo semanal o diario.

Para desarrollarlo se utilizan datos mensuales medios meteorológicos, y es perfectamente válido para determinar el rendimiento o factor de cobertura solar en

instalaciones de calentamiento, en todo tipo de edificios, mediante captadores solares planos.

Su aplicación sistemática consiste en identificar las variables adimensionales del sistema de calentamiento solar y utilizar la simulación de funcionamiento mediante ordenador, para dimensionar las correlaciones entre estas variables y el rendimiento medio del sistema para un dilatado período de tiempo.

La ecuación utilizada en este método puede apreciarse en la siguiente fórmula:

$$f = 1,029 D_1 - 0,065 D_2 - 0,245 D_1^2 + 0,0018 D_2^2 + 0,0215 D_1^3$$

La secuencia que suele seguirse en el cálculo es la siguiente:

1. Valoración de las cargas caloríficas para el calentamiento de agua destinada a la producción de A.C.S. o calefacción.
2. Valoración de la radiación solar incidente en la superficie inclinada del captador o captadores.
3. Cálculo del parámetro  $D_1$ .
4. Cálculo del parámetro  $D_2$ .
5. Determinación de la gráfica  $f$ .
6. Valoración de la cobertura solar mensual.
7. Valoración de la cobertura solar anual y formación de tablas.

Las cargas caloríficas determinan la cantidad de calor necesaria mensual para calentar el agua destinada al consumo doméstico, calculándose mediante la siguiente expresión:

$$Q_a = C_e C N (t_{ac} - t_r)$$

donde:

$Q_a$  = Carga calorífica mensual de calentamiento de A.C.S. (J/mes)

$C_e$  = Calor específico. Para agua: 4187 J/(kg°C)

$C$  = Consumo diario de A.C.S. (l/día)

$t_{ac}$  = Temperatura del agua caliente de acumulación (°C)

$t_r$  = Temperatura del agua de red (°C)

$N$  = Número de días del mes

El parámetro  $D_1$  expresa la relación entre la energía absorbida por la placa del captador plano y la carga calorífica total de calentamiento durante un mes:

$$D_1 = \text{Energía absorbida por el captador} / \text{Carga calorífica mensual}$$

La energía absorbida por el captador viene dada por la siguiente expresión:

$$E_a = S_c Fr'(\tau\alpha) R_1 N$$

donde:

$S_c$  = Superficie del captador (m<sup>2</sup>)

$R_1$  = Radiación diaria media mensual incidente sobre la superficie de captación por unidad de área (kJ/m<sup>2</sup>)

$N$  = Número de días del mes

$Fr'(\tau\alpha)$  = Factor adimensional, que viene dado por la siguiente expresión:

$$Fr'(\tau\alpha) = Fr(\tau\alpha)_n [(\tau\alpha) / (\tau\alpha)_n] (Fr' / Fr)$$

donde:

$Fr(\tau\alpha)_n$  = Factor de eficiencia óptica del captador, es decir, ordenada en el origen de la curva característica del captador.

$(\tau\alpha) / (\tau\alpha)_n$  = Modificador del ángulo de incidencia. En general se puede tomar como constante: 0,96 (superficie transparente sencilla) o 0,94 (superficie transparente doble).

$Fr' / Fr$  = Factor de corrección del conjunto captador-intercambiador. Se recomienda tomar el valor de 0,95.

El parámetro  $D_2$  expresa la relación entre las pérdidas de energía en el captador, para una determinada temperatura, y la carga calorífica de calentamiento durante un mes:

$$D_2 = \text{Energía perdida por el captador} / \text{Carga calorífica mensual}$$

La energía perdida por el captador viene dada por la siguiente expresión:

$$Ep = Sc Fr' U_L (100 - t_a) \Delta t K_1 K_2$$

donde:

$Sc$  = Superficie del captador ( $m^2$ )

$Fr' U_L = Fr U_L (Fr' / Fr)$  donde:

$Fr U_L$  = Pendiente de la curva característica del captador (coeficiente global de pérdidas del captador)

$t_a$  = Temperatura media mensual del ambiente

$\Delta t$  = Período de tiempo considerado en segundos (s)

$K_1$  = Factor de corrección por almacenamiento que se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$K_1 = [\text{kg acumulación} / (75 Sc)]^{-0,25}$$

$$37,5 < (\text{kg acumulación}) / (m^2 \text{ captador}) < 300$$

$K_2$  = Factor de corrección, para A.C.S., que relaciona la temperatura mínima de A.C.S., la del agua de red y la media mensual ambiente, dado por la siguiente expresión:

$$K_2 = 11,6 + 1,18 t_{ac} + 3,86 t_r - 2,32 t_a / (100 - t_a)$$

donde:

$t_{ac}$  = Temperatura mínima del A.C.S.

$t_r$  = Temperatura del agua de red

$t_a$  = Temperatura media mensual del ambiente

Una vez obtenido  $D_1$  y  $D_2$ , aplicando la ecuación inicial se calcula la fracción de la carga calorífica mensual aportada por el sistema de energía solar. De esta forma, la energía útil captada cada mes,  $Q_u$ , tiene el valor:

$$Q_u = f Q_a$$

donde:

$Q_a$  = Carga calorífica mensual de A.C.S.

Mediante igual proceso operativo que el desarrollado para un mes, se operará para todos los meses del año. La relación entre la suma de las coberturas mensuales y la suma de las cargas caloríficas, o necesidades mensuales de calor, determinará la cobertura anual del sistema:



$$\text{Cobertura solar anual} = \Sigma Q_u \text{ necesaria} / \Sigma Q_a \text{ necesaria}$$

- MÉTODO DE CÁLCULO METASOL.

- Introducción.

MetaSol es una metodología para el cálculo de la contribución solar mínima de agua caliente sanitaria en instalaciones solares térmicas. Con ésta, el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) y ASIT (Asociación Solar de la Industria Térmica) quieren ofrecer a todos los actores implicados una nueva forma rápida y precisa de comprobar el correcto dimensionado de dichas instalaciones.

El método MetaSol combina la precisión y flexibilidad de la simulación dinámica de programas como TRANSOL, la rapidez y simplicidad de métodos estáticos como F-Chart, manteniendo presente las características del mercado español y la normativa aplicable.

- Antecedentes.

España ha sido uno de los primeros países en introducir la obligatoriedad de incorporar instalaciones de energía solar térmica para la preparación de agua caliente sanitaria en edificios de nueva construcción o rehabilitación de edificios. Al tratarse de una normativa pionera a nivel mundial, se han manifestado durante el desarrollo de la misma algunas omisiones en el contenido que limitan los beneficios potenciales que la tecnología solar térmica puede llegar a ofrecer. Una de las limitaciones es la ausencia de una metodología de cálculo de las prestaciones de la instalación común a todos los actores del mercado.

El principal requisito normativo, articulado a través de la sección HE-4 del CTE, establece la necesidad de alcanzar en los edificios afectados una determinada contribución solar mínima, de cantidad variable en función de tres factores: radiación en la localidad donde se encuentra la instalación, demanda teórica de agua caliente sanitaria y sistema auxiliar (o complementario) del sistema solar. Además, se establecen ciertas exenciones en el caso de limitaciones arquitectónicas o urbanísticas.

Esta contribución solar mínima se especifica en forma de porcentaje sobre la demanda total de agua caliente sanitaria, la conocida fracción solar mínima. Dado que la demanda (neta) queda básicamente definida en el propio CTE en función de la aplicación del edificio, la duda a la hora de determinar si una instalación cumple o no con la normativa vigente es calcular si, dadas sus características técnicas, es capaz de aportar la energía solar térmica necesaria. En el CTE, no se especifica cómo debe realizarse este cálculo, dejándose a criterio del proyectista el método de cálculo, que “deberá establecerse en la memoria”.

Esta solución tiene, como todas, ventajas e inconvenientes. Un problema potencial es que dos proyectistas diferentes ofertando un proyecto para una misma instalación pueden concluir en que resulta necesaria una cantidad de superficie de captadores diferente. Un captador arriba, un captador abajo, no redundará en un gran ahorro de emisiones y por tanto no resulta crítico. Dado que el método de cálculo es libre, la competencia entre instaladores se traslada desde el correcto dimensionado hacia el menor tamaño de sistema que podamos calcular, y esa espiral de reducción de costes (cabe recordar que aquellos obligados a contratar la instalación solar térmica no son los propietarios finales) acaba penalizando en mayor o menor medida el dimensionado e

incluso la calidad de las instalaciones. Esto es desde luego poco deseable para el sector y la ciudadanía en general.

Esta carencia normativa lleva a ASIT, con el apoyo de IDAE, a proponer la creación de un método de cálculo específico para satisfacer las necesidades del mercado español. El método ha sido desarrollado por AIGUASOL bajo la supervisión de la comisión técnica de ASIT y el departamento solar de IDAE, y se basa en la herramienta de simulación dinámica TRANSOL incorporando principios del método F-Chart.

- Referencias al método F-Chart.

Antes de describir el método MetaSol analizamos brevemente el método F-Chart, que por su popularidad resulta habitualmente utilizado en buena parte de los proyectos ejecutados en España.

El método F-Chart está basado en el programa de simulación dinámica TRNSYS, y es un método estático, basado en correlaciones desarrollado en la década de los setenta del siglo pasado. A partir de un modelo TRNSYS del sistema solar térmico, se realizan varias simulaciones y se extraen una serie de curvas que relacionan la fracción solar del sistema con determinados parámetros de diseño del mismo.

La principal ventaja de este método es que es relativamente sencillo, y es posible incorporarlo en una hoja de cálculo pese a no tener excesivos conocimientos de informática o incluso energía solar térmica. Pese a ello, cuenta con algunas limitaciones, de entre las más importantes:

- Es válido únicamente para una configuración de sistema solar térmico.
- No incorpora el coeficiente de pérdidas de segundo orden del captador.
- El rango de aplicación está limitado, en principio, a un consumo de unos 560 kg/día.
- No contempla que el captador o acumulador solar alcancen su temperatura máxima.
- No contempla el circuito de distribución de la instalación.

En todos los cálculos, se aprecia una sobrevaloración de los resultados energéticos del sistema en el método F-Chart. El hecho de que como hipótesis de partida se asuma que no se satura el sistema en verano y la omisión (por cuestiones históricas) del coeficiente de segundo orden tienden a sobrevalorar el cálculo a fracciones solares altas. La consecuencia final es una infravaloración del consumo auxiliar y por tanto de las emisiones.

- Características método MetaSol.

El método MetaSol combina la precisión y flexibilidad de la simulación dinámica de programas como TRANSOL, la rapidez y simplicidad de métodos estáticos como F-Chart, manteniendo presente las características del mercado español y la normativa aplicable.

Para obtener un método de cálculo instantáneo se ha seguido una aproximación similar a la del método F-Chart: partiendo de modelos detallados, obtenidos del programa TRANSOL, se realizan gran cantidad de simulaciones para correlar los resultados obtenidos en función de las variables clave del sistema.

A diferencia del caso F-Chart, las condiciones de contorno (radiación, temperatura ambiente, temperatura del agua de red, demanda, etc.) se fijan de acuerdo a la normativa

española. Además, en lugar de fijar la configuración del sistema, se han escogido siete configuraciones diferentes, que incluyen sistemas para viviendas unifamiliares, bloques de pisos y sistemas para piscinas cubiertas. Estos cubren la mayor parte de sistemas instalados en España, si bien no la totalidad de las posibilidades de sistema solar; en ocasiones, se debe escoger una configuración de sistema similar a la instalada, que en cualquier caso, mejorará la precisión en comparación con métodos estáticos desarrollados para el cálculo de sistemas de viviendas unifamiliares.

La tabla a continuación resume algunas de las diferencias entre ambos métodos de cálculo:

	MetaSol	F-Chart
Configuraciones	7	1
Climas	7	1
Simulaciones	69000	300
Demanda máxima	3000 Kg/día	560 Kg/día

Estos datos ya indican que el rango de aplicación del método de cálculo MetaSol es notablemente más amplio que en el caso del método F-Chart. A partir de las más de 69.000 simulaciones realizadas se obtienen, en base mensual más de 800.000 datos, que conforman la información utilizada para generar las correlaciones.

Se han definido 12 variables de entrada que caracterizan las condiciones de operación y propiedades del sistema, y tres factores de efectos aleatorios, que caracterizan la localización (radiación, temperatura de agua de red y temperatura ambiente), si bien no todas ellas tienen sentido en todos los esquemas, por lo que cada función está caracterizada por entre 6 y 10 variables y 2 o 3 factores de climáticos. La forma de las funciones es bastante similar a las del método F-Chart, y la metodología de cálculo igual de sencilla: dada una localización, un consumo, una configuración y las características de los componentes que forman el sistema, el proceso de cálculo consta de dos pasos:

1. Determinación de las variables de entrada  $F_i$  (climáticas) y  $A_i$  (propias del sistema).
2. Sustitución de  $F_i$  y  $A_i$  en las funciones de resultados de la configuración escogida.

### • CONCLUSIONES.

Resulta necesario para mejorar la calidad de las instalaciones la homogeneización de una metodología de cálculo entre los actores implicados en el mercado solar térmico. Por otro lado, el método F-Chart que por popularidad y rapidez es el más utilizado en España ofrece limitaciones debido a la sistemática utilización del mismo lejos del rango de aplicación para el que fue concebido, así como la evolución tecnológica y prestacional de la energía solar térmica desde que se creó, en el año 1975, hasta nuestros días.

Dado que los métodos de cálculo actuales más precisos, basados en simulación dinámica, pueden resultar relativamente complicados de interpretar y manejar, no son lo suficientemente sencillos para garantizar su adecuado uso por parte de todos los proyectistas e instaladores. Además, no son invertibles, en el sentido que no permiten deducir de forma inmediata el área de captación necesaria para conseguir una

determinada fracción solar y exigen cálculos iterativos, lo que aumenta el tiempo dedicado a dimensionar el sistema por parte de instaladores y proyectistas.

Por todo ello, se ha optado por desarrollar un nuevo método de cálculo, que mantenga la simplicidad y rapidez del método F-Chart, pero aumentando el rango de aplicación, sensible a la configuración del sistema solar térmico y, en definitiva adaptado al mercado y normativa españoles, el método MetaSol.

De esta manera el método que utilizaremos para la comprobación de nuestro proyecto es el MetaSol, ya que al ser el que más infravalora los resultados, si con éste cumple, con cualquier otro también cumplirá. Además el programa CHEQ4, que es oficial, usa esta metodología.

## 5.2 VERIFICACIÓN CON EL PROGRAMA CHEQ4.

CHEQ4 es la nueva herramienta para validar el cumplimiento de la contribución solar mínima de agua caliente sanitaria en instalaciones solares térmicas, determinado conforme a la sección HE4 del Código Técnico de la Edificación. Con esta nueva aplicación, el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) y ASIT (Asociación Solar de la Industria Térmica) quieren ofrecer a todos los actores implicados en las labores de control y verificación del cumplimiento de la contribución solar mínima del diseño de instalaciones solares térmicas, así como a los propios diseñadores, una nueva forma rápida y precisa de comprobar el correcto dimensionado de dichas instalaciones. Esta herramienta, desarrollada por AIGUASOL, utiliza como motor la nueva metodología de cálculo MetaSol.

CHEQ4 es una herramienta que permite validar el cumplimiento de la contribución solar mínima correspondiente del dimensionado de las instalaciones solares, siempre que éstas queden suficientemente representadas dentro de su ámbito de aplicación (configuración elegida, etc.). No obstante, no se trata de una herramienta de diseño. Su correcta aplicación es suficiente para acreditar el cumplimiento, desde el punto de vista energético, de los requisitos establecidos en la sección HE4. El no cumplimiento de la contribución solar mínima mediante este procedimiento no invalida la posibilidad de demostrar su cumplimiento mediante otros procedimientos.



Las condiciones ambientales y climatológicas son algunos de los factores más importantes a considerar durante el diseño de cualquier instalación solar térmica. Estos condicionarán la demanda, la ganancia y las pérdidas energéticas de dicha instalación.

En CHEQ4 todos los parámetros ambientales y climatológicos del sistema se definen en la pestaña "Localización". El usuario únicamente debe seleccionar una localización para la instalación (provincia y municipio) y su altura absoluta respecto al nivel del mar. Automáticamente, el programa mostrará la zona climática a la que pertenece dicho municipio (según HE4), su latitud y su altura de referencia.

El programa también mostrará una tabla con los siguientes datos: irradiación global media mensual sobre la horizontal (según UNE 94003), temperatura diaria media mensual del agua de red (según UNE 94002) y temperatura ambiente diaria media mensual (según UNE 94003).

CHEQ4

**CHEQ4** Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

Provincia:  Municipio:  Zona climática: Zona II Latitud: 42° 40'

Mapa provincia

Altura municipio seleccionado (m): 428

Altura de la instalación (m):

	Rad(MJ/m2)	T.Red (°C)	T.Amb (°C)
Enero	5,3	6,2	3,2
Febrero	8,3	7,2	5,2
Marzo	12,4	8,2	6,7
Abril	15,2	9,2	8,6
Mayo	18,7	11,2	12,0
Junio	22,8	14,2	16,0
Julio	24,2	16,2	19,2
Agosto	21,1	16,2	19,0
Septiembre	16,5	15,2	16,9
Octubre	10,6	12,2	12,4
Noviembre	6,4	8,2	7,0
Diciembre	4,7	6,2	4,4
Promedio	13,9	10,9	10,9

Localización

Configuración

Demanda

Solar/Apoyo

Otros parámetros

Resultados

Datos proyecto Nuevo proyecto Abrir proyecto Guardar proyecto Ayuda Acerca de... Salir

Una de las principales características de CHEQ4 y de su metodología de cálculo MetaSol es que ambos han sido especialmente diseñados para predecir correctamente el comportamiento de las tipologías de instalaciones más habituales en nuestro país. Otras metodologías habitualmente utilizadas, son válidas únicamente para una determinada configuración de sistema, para determinadas aplicaciones y para determinados tamaños de instalación, por lo que la utilización de este tipo de métodos, para analizar el comportamiento de sistemas para los cuales no han sido definidos, puede conducir a importantes desviaciones.

La pestaña “Configuración” permite al usuario seleccionar el tipo de instalación que más se ajuste al sistema que desea validar. Internamente, CHEQ4 seleccionará las curvas MetaSol correspondientes a dicha instalación y cuáles son los parámetros que la definen.



CHEQ4

**CHEQ4** Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

RSIT

CONSUMO ÚNICO CONSUMO MÚLTIPLE

Instalación con sistema prefabricado

Instalación con todo centralizado

Instalación con interacumulador

Instalación con apoyo distribuido

Instalación con intercambiador independiente

Instalación con acumulación distribuida

Instalación con intercambiador y piscina cubierta

Instalación con intercambio distribuido

**SELECCIONE UN SISTEMA**

Localización

Configuración

Demanda

Solar/Apoyo

Otros parámetros

Resultados

Datos proyecto Nuevo proyecto Abrir proyecto Guardar proyecto Ayuda Acerca de... Salir

CHEQ4

**CHEQ4** Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

RSIT

CONSUMO ÚNICO CONSUMO MÚLTIPLE

Instalación con sistema prefabricado

Instalación con todo centralizado

Instalación con interacumulador

Instalación con apoyo distribuido

Instalación con intercambiador independiente

Instalación con acumulación distribuida

Instalación con intercambiador y piscina cubierta

Instalación con intercambio distribuido

**INSTALACIÓN CON INTERACUMULADOR**

Sistema solar térmico para producción de ACS en instalaciones de consumo único con acumulador solar, intercambiador interno y válvula termostática.

Localización

Configuración

Demanda

Solar/Apoyo

Otros parámetros

Resultados

Datos proyecto Nuevo proyecto Abrir proyecto Guardar proyecto Ayuda Acerca de... Salir

En la pestaña "Demanda" el usuario debe especificar la demanda total de agua caliente sanitaria del edificio. Los parámetros necesarios variarán en función de si se trata de una instalación de consumo único o de consumo múltiple (en nuestro caso consumo único).

CHEQ4

**CHEQ4** Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

ALIT

Localización

Configuración

Demanda

Solar/Apoyo

Otros parámetros

Resultados

**CONSUMO ÚNICO**

Aplicación  
 Viviendas unifamiliares

Número de personas  
 4

Demanda calculada (l/día a 60 °C) 120

**CONSUMO MÚLTIPLE**

	Viviendas	Dormitorios	Personas	Litros/día
Tipo A	0	0		
Tipo B	0	0		
Tipo C	0	0		
Tipo D	0	0		

Demanda calculada (l/día a 60 °C)

**CONSUMO TOTAL**

Otras demandas (l/día a 60°C)

Demanda total (l/día a 60°C) 120

**CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA EXIGIDA**

Caso general FS 30%    Caso efecto Joule FS 60%    Caso piscina FS 30%

Datos proyecto    Nuevo proyecto    Abrir proyecto    Guardar proyecto    Ayuda    Acerca de...    Salir

A continuación el usuario debe seleccionar el captador concreto que figure en el proyecto o que bien desea utilizar en su instalación. CHEQ4 incorpora una extensa base de datos con la mayoría de los captadores homologados que actualmente existen en el mercado. El usuario únicamente debe especificar la “empresa” comercializadora del producto y su “marca o modelo”. Automáticamente, se mostrarán los principales datos correspondientes al captador seleccionado.

Seguiremos introduciendo los datos que nos piden, correspondientes al número de captadores con su inclinación y orientación, las características del circuito primario y el sistema de apoyo que utilizaremos.

CHEQ4

**CHEQ4** Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

Logos: RESIT, Gobierno de Navarra, IDAE

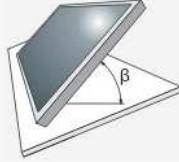
**CAPTADORES**

Empresa: Fagor

Marca/Modelo: SOLARIA 2.1 AL AL

**Datos de ensayo**

Área (m2)	1,87
n0 (-)	0,75
a1 (W/m2K)	3,391
a2 (W/m2K2)	0,008
Qtest(l/hm2)	45
k50	0,86
Laboratorio	CENER
Certificación	NPS-24011



**CAMPO DE CAPTADORES**

Núm. captadores: 1    Captadores en serie: 1

Orientación (°): 0    Inclinación (°): 42

**CIRCUITO PRIMARIO / SECUNDARIO**


Caudal prim.(l/h): 80    Anticongelante (%): 40    Long. circuito (m): 17,04

Diám. tubería (mm): 12    Esp. aislante (mm): 25    Aislante: espuma elastomérica

**SISTEMA DE APOYO**

Tipo de sistema: Caldera de biomasa

Tipo de combustible: Biomasa



**Localización**

**Configuración**

**Demanda**

**Solar/Apoyo**

**Otros parámetros**

**Resultados**

Datos proyecto    Nuevo proyecto    Abrir proyecto    Guardar proyecto    Ayuda    Acerca de...    Salir

En la pestaña "Otros parámetros", indicaremos el volumen total de acumulación, y rellenaremos las principales características del circuito de distribución. Al no tener piscina, ese apartado se deja sin completar.

CHEQ4

**CHEQ4** Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

**VOLUMEN DE ACUMULACIÓN**

Volumen total (l)

**DISTRIBUCIÓN**

Long. circuito (m)

Diám. tubería (mm)

Esp. aislante (mm)  T. imp. (°C)

Aislante

**PISCINA CUBIERTA**

Altura (m)

Apertura diaria (h)

Superficie lámina (m<sup>2</sup>)

Humedad relativa (%)

Temp. ambiente (°C)

Temp. piscina (°C)

Renov. volumen día (%)

Ocupación (pers/m<sup>2</sup>)

**VOLUMEN ACUMULACIÓN SUBESTACIONES**

Volumen total (l)

Esp. aislante (mm)

Aislante

**DISTRIBUCIÓN SUBESTACIONES**

Long. total (m)

Diám. tubería (mm)

Esp. aislante (mm)

Aislante

**Localización**

**Configuración**

**Demanda**

**Solar/Apoyo**

**Otros parámetros**

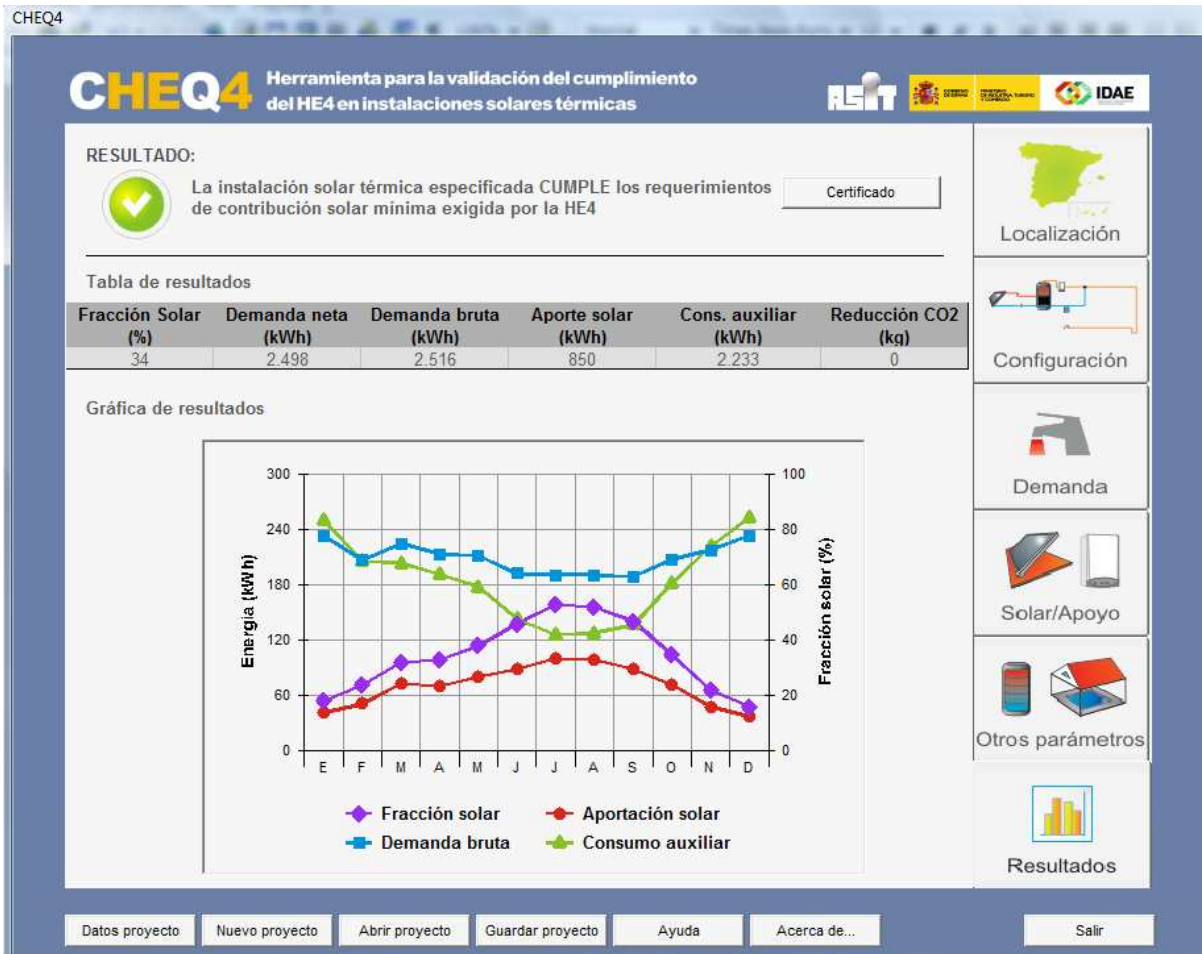
**Resultados**

Datos proyecto Nuevo proyecto Abrir proyecto Guardar proyecto Ayuda Acerca de... Salir

La última pestaña de CHEQ4 corresponde al cálculo y visualización de los resultados. Al acceder a esta pestaña, el programa calcula las ganancias y pérdidas de la instalación especificada siguiendo la metodología de cálculo MetaSol.

Un indicador situado en la parte superior izquierda de la ventana permite al usuario conocer rápidamente si el sistema especificado cumple o no cumple mediante este procedimiento los requerimientos de contribución solar mínima exigida por el HE4 (según HE4-2.1.1 y HE4-2.1.2).

Así podemos observar que nuestra instalación cumple de manera oficial con las exigencias mínimas según el CTE, obteniendo el certificado correspondiente.



## 6. ANÁLISIS ECONÓMICO.

La vivienda sobre la cual queremos intervenir tiene 14 años de antigüedad. Dado que está situada fuera de zona urbana, buscaremos limitar las obras o reformas, con lo que la sencillez, la autosuficiencia y la estética serán los valores a tener en cuenta. Se barajaron dos opciones, una búsqueda de eficiencia pasiva, mediante la mejora del aislamiento de la vivienda, y la posibilidad de sustitución de la caldera de gasoil. Se descartó la opción del aislamiento, ya que no se aprecian defectos, ni condensaciones y además implicaría obras que podrían afectar a la estructura de la vivienda. Respecto a la situación de la actual caldera, desde su instalación no ha sido sustituida, por lo que sería otra razón que añadir a favor del reemplazo, ya que si realizáramos el aislamiento, en pocos años deberíamos cambiar la caldera y volver a desembolsar dinero, ya que le quedarían como mucho 6 años de vida útil. De esta forma realizaremos un estudio entre la instalación de una nueva caldera de gasoil, u otra de biomasa y la instalación de una placa solar térmica, viendo cual sería más rentable de las dos opciones.

Se estima que las necesidades energéticas en esta vivienda ascienden a 1.200 horas de utilización anual:

$$13,79 \text{ kW} \times 1.200 \text{ h} = 16.548 \text{ kWh}$$

### 6.1 CALDERA DE GASOIL.



En este caso tendremos que comprar la nueva caldera, desmontar la anterior e instalarla. Buscaremos cambiarla por una de la misma casa, y viendo las características, la que más nos conviene sería la caldera Roca Gavina 20 GTI CONFORT. Es una caldera de gasoil atmosférica de calefacción + ACS instantánea, con capacidad de 20.000 kcal/h (25 kW) recomendada para viviendas de hasta 180 m<sup>2</sup>. Medidas 850 x 600 x 450 mm.



Su precio con la instalación incluida es de 1.726,20 €, desmontar la caldera inicial nos supondrá 113,75 €, luego el desembolso inicial será de 1.839,95 €. A continuación se calculará el gasto anual teniendo en cuenta el aumento que se prevé que tendrá el gasoil (10% anual).

Rendimiento de la caldera = 80 %

$$\text{PCI} = 10.223 \text{ kcal/kg} \times 850 \text{ kg/1.000 l} = 8.689,55 \text{ kcal/l} \times 0,001163 \text{ kWh/kcal} = 10,11 \text{ kWh/l}$$

$$\text{Consumo de la caldera} = 16.548 \text{ kWh}/0,8 = 20.685 \text{ kWh}$$

$$\text{Consumo anual} = 20.685 \text{ kWh}/10,11(\text{kWh/l}) = 2.046 \text{ l}$$

$$\text{Precio gasoil C} = 1,089 \text{ €/l}$$

$$\text{Gasto anual en gasoil} = 2.228,1 \text{ €}$$

$$\text{Coste de mantenimiento} = 85 \text{ €/año}$$

## 6.2 CALDERA DE BIOMASA Y CAPTADOR SOLAR.

Tiene un presupuesto de 20.522,70 € de inversión inicial. Sabiendo ese dato calcularemos el gasto anual teniendo en cuenta que el precio del kilo de pellets se mantendrá constante en el tiempo que tendremos la instalación en funcionamiento, con un precio de 0,25 €/kg. El precio no depende de subidas de las compañías petrolíferas, y un factor que puede modificarlo levemente es la estación del año en la que se pida el suministro. Al tener un silo preparado para una recarga anual, al ser la misma época del año, mantendremos un coste estable anual. El captador solo tendrá los gastos de mantenimiento.

### 6.2.1 ACS:



Teniendo en cuenta la ocupación de la vivienda y los datos especificados en la siguiente tabla, se demanda anualmente 1.743 kWh.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	Jul	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
% de ocupación:	50	50	60	70	70	90	95	95	80	60	50	50

	Cálculo energ.											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Días por mes:	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Consumo de agua [L/día]:	60	60	72	84	84	108	114	114	96	72	60	60
Tª. media agua red [°C]:	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5
Incremento Ta. [°C]:	55	54	52	50	49	48	47	48	49	50	52	55
Demam. Ener. [Kwh]	119	105	135	146	148	180	193	197	164	129	109	119

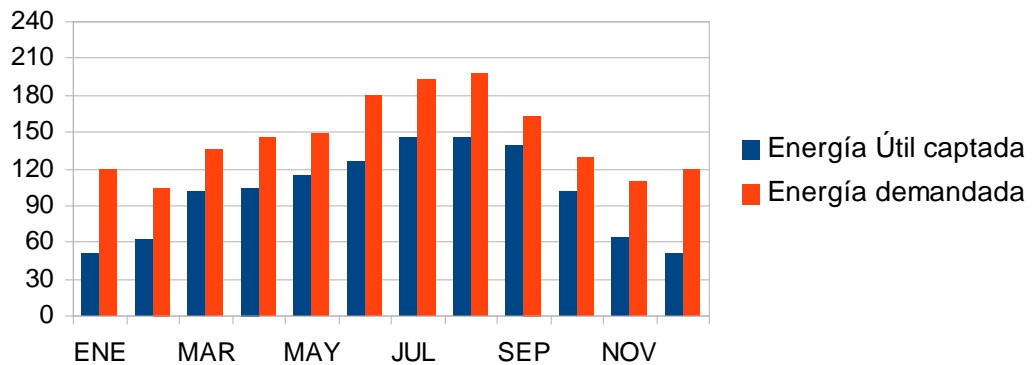
<b>Total deman. anual:</b>	<b>1743</b>	<b>KWh</b>
----------------------------	-------------	------------

Mediante el método F-Chart, se calcula la aportación energética del captador solar FAGOR SOLARIA 2.1 AL.

	Cálculo mediante método F-chart											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Rad. Horiz. [kWh/m2-mes]	43,09	57,68	106,02	120,9	147,25	157,5	176,39	156,86	135	87,73	50,1	38,75
Coef. K. Incl[45°] lat[43°]	1,45	1,33	1,19	1,05	0,95	0,91	0,95	1,06	1,24	1,45	1,59	1,57
Rad. inclin. [kWh/m2-mes]:	62,48	76,71	126,16	126,95	139,89	143,33	167,57	166,27	167,4	127,21	79,66	60,84
Demam. Ener. [KWh]:	119	105	135	146	148	180	193	197	164	129	109	119
Ener. Ac. Cap. [KWh/mes]:	74	90	149	150	165	169	197	196	197	150	94	72
D1=EA/DE	0,62	0,86	1,1	1,02	1,11	0,94	1,02	1	1,2	1,16	0,86	0,6
k1	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
k2	0,76	0,8	0,82	0,87	0,87	0,84	0,86	0,81	0,8	0,84	0,84	0,76
Ener. Per. Cap. [KWh/mes]:	224	213	231	233	231	208	212	200	196	227	231	224
D2=EP/DE	1,89	2,03	1,72	1,6	1,56	1,15	1,1	1,02	1,2	1,75	2,13	1,89
f	0,43	0,59	0,76	0,72	0,77	0,69	0,75	0,74	0,85	0,79	0,59	0,42
EU=f*DE	51	62	102	105	115	125	145	145	139	102	64	50

<b>Total produc. energ. útil total:</b>	<b>1205</b>	<b>KWh</b>
---	-------------	------------

Por tanto, aporta el 69% de la demanda energética de agua caliente sanitaria. En la siguiente gráfica vemos una comparativa mensual de la energía demandada y la producida.



### 6.2.2 Biomasa:

Rendimiento de la caldera = 92,6 %

Consumo caldera = 16.548 kWh – 1.205 kWh = 15.343 kWh

Consumo anual = 15.343/0,926 = 16.569,11 kWh

PCI pellet = 4.500 kcal/kg x 0,001163 kWh/kcal = 5,23 kWh/kg

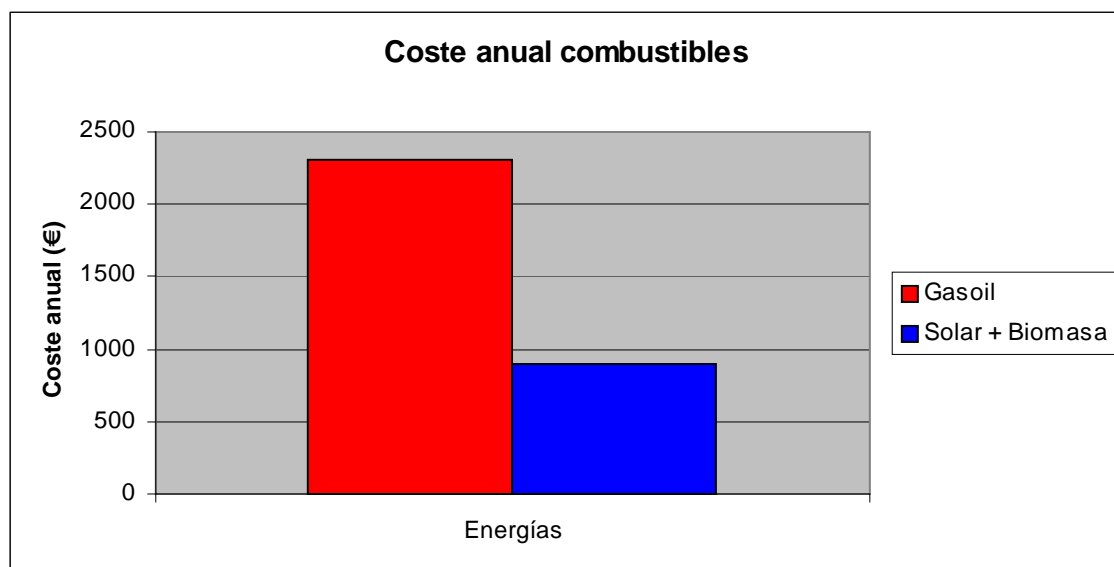
Consumo anual pellets = 16.569,11 kWh/5,23(kWh/kg) = 3.168,1 kg

Precio pellets = 0,25 €/kg

Gasto anual en pellets = 792 €

Coste de mantenimiento = 100 €/año

### 6.2.3 Coste anual en combustible:



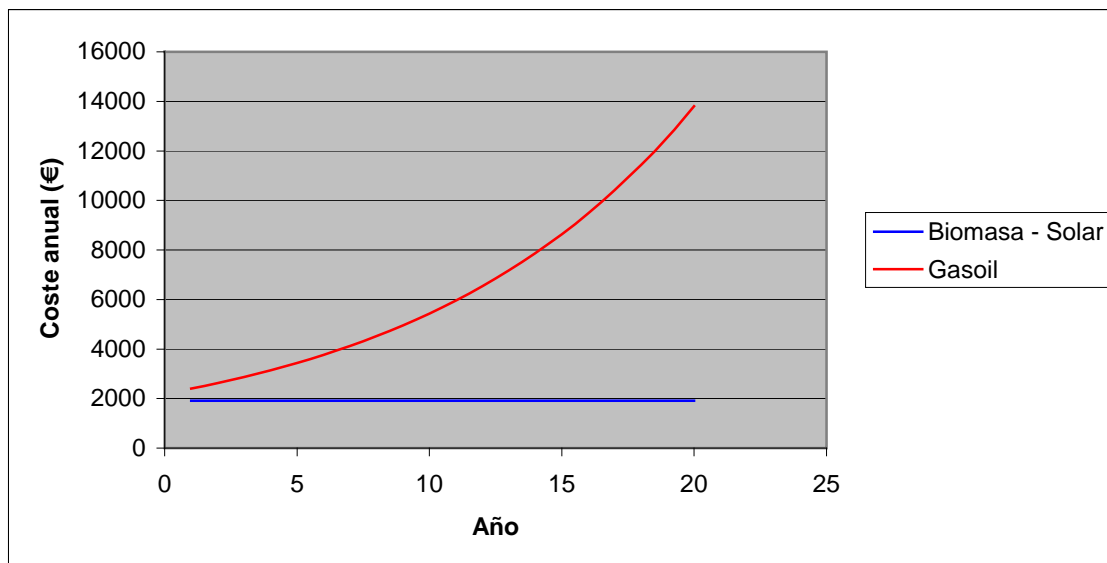
### 6.2.4 Coste anual total:

Pese a que hay métodos mucho más afinados para analizar el Retorno de Inversión, nuestro enfoque es el de una venta de un sistema a un particular, algo relativamente sencillo, como si fueran cuotas de un préstamo a 20 años sin intereses.

		Año1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
<b>BIOMASA SOLAR</b>	Amortización	1026,14	1026,14	1026,14	1026,14	1026,14	1026,14
	Combustible	792	792	792	792	792	792
	Mantenimien.	100	100	100	100	100	100
		1918,14	1918,14	1918,14	1918,14	1918,14	1918,14
<b>GASOIL</b>	Amortización	92	92	92	92	92	92
	Combustible	2228,1	2451	2696	2965,6	3262,1	3588,4
	Mantenimien.	85	85	85	85	85	85
		2405,1	2628	2873	3142,6	3439,1	3765,4

Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14
1026,14	1026,14	1026,14	1026,14	1026,14	1026,14	1026,14	1026,14
792	792	792	792	792	792	792	792
100	100	100	100	100	100	100	100
1918,14	1918,14	1918,14	1918,14	1918,14	1918,14	1918,14	1918,14
92	92	92	92	92	92	92	92
3947,2	4341,9	4776,1	5253,7	5779,1	6357	6992,7	7692
85	85	85	85	85	85	85	85
4124,2	4518,9	4953,1	5430,7	5956,1	6534	7169,7	7869

Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
1026,14	1026,14	1026,14	1026,14	1026,14	1026,14
792	792	792	792	792	792
100	100	100	100	100	100
1918,14	1918,14	1918,14	1918,14	1918,14	1918,14
92	92	92	92	92	92
8461,2	9307,3	10238	11261,8	12388	13626,8
85	85	85	85	85	85
8638,2	9484,3	10415	11438,8	12565	13803,8



### 6.2.5 Conclusiones:

En primer lugar, se puede ver que las inversiones son muy diferentes, el coste de la caldera de biomasa y el captador solar rondan los 20.000 euros, mientras que la caldera de gasoil no llega a los 2.000 euros.

En cambio al fijarnos en los costes totales anuales, la diferencia es justo al contrario que en el caso del desembolso. Es importante tener en cuenta que el precio del combustible fósil tiene una tendencia del precio al alza, mientras que el precio de los pellets se mantiene estable y el captador solar no consume energía. Y aunque se aprecie un ahorro importante, en el caso de usar la materia orgánica, hemos de tener en cuenta la comodidad que supone el gasoil frente a la biomasa en cuanto al tema de mantenimiento (por la retirada periódica de cenizas). Viendo la gráfica, se puede observar que desde el primer año ya salimos ganando, gracias a la gran diferencia de coste de los combustibles, que minimizan el efecto del coste de amortización.

En conclusión, podemos afirmar que la mejor instalación es la de biomasa con captador solar, ya que estimando una vida útil de 20 años de la instalación, desde el primer momento ahorraremos y pagaremos menos, ya que aunque los gastos de amortización son mucho más elevados, el coste de combustible dispara la suma a pagar en el caso del gasoil, amortizando en pocos años la inversión, con lo que el resto de tiempo supondría un ahorro sustancial, además de ser mucho más respetuosa con el medio ambiente.

## 7. PRESUPUESTO.

El presupuesto de la instalación de captador solar para ACS y caldera de biomasa para calefacción, asciende a la cantidad de **VEINTE MIL QUINIENTOS VEINTIDOS EUROS CON SETENTA CÉNTIMOS**.

Pamplona, 14 de febrero del 2013, el Ingeniero Técnico Industrial

Fdo.: David Santos Galdeano



## ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

ENERGÍAS RENOVABLES COMO ALTERNATIVA EN UNA  
VIVIENDA UNIFAMILIAR.

### DOCUMENTO 2: PLANOS

Nombre y apellidos del alumno: David Santos Galdeano

Nombre y apellidos del tutor: Jorge Odériz Ezcurra

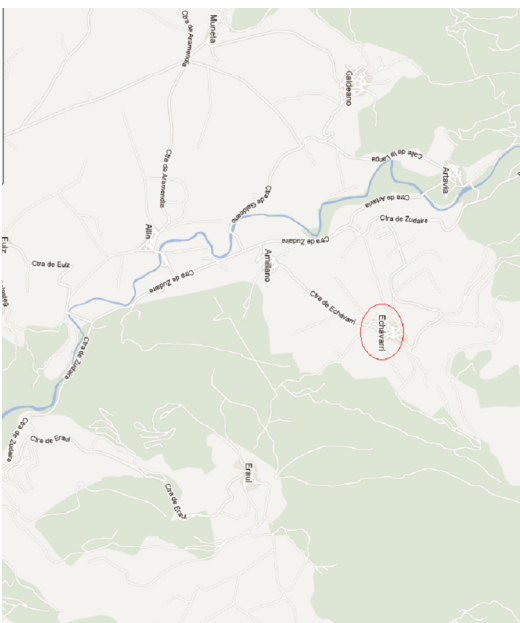
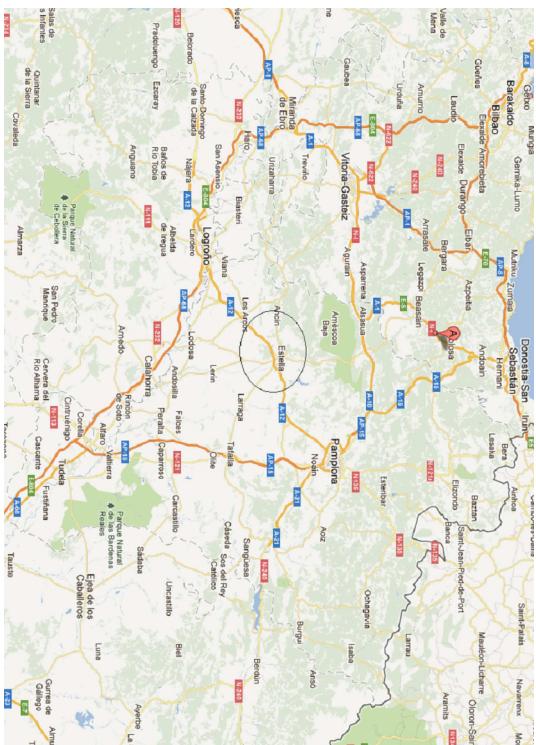
Pamplona, 14 de Febrero de 2013


---

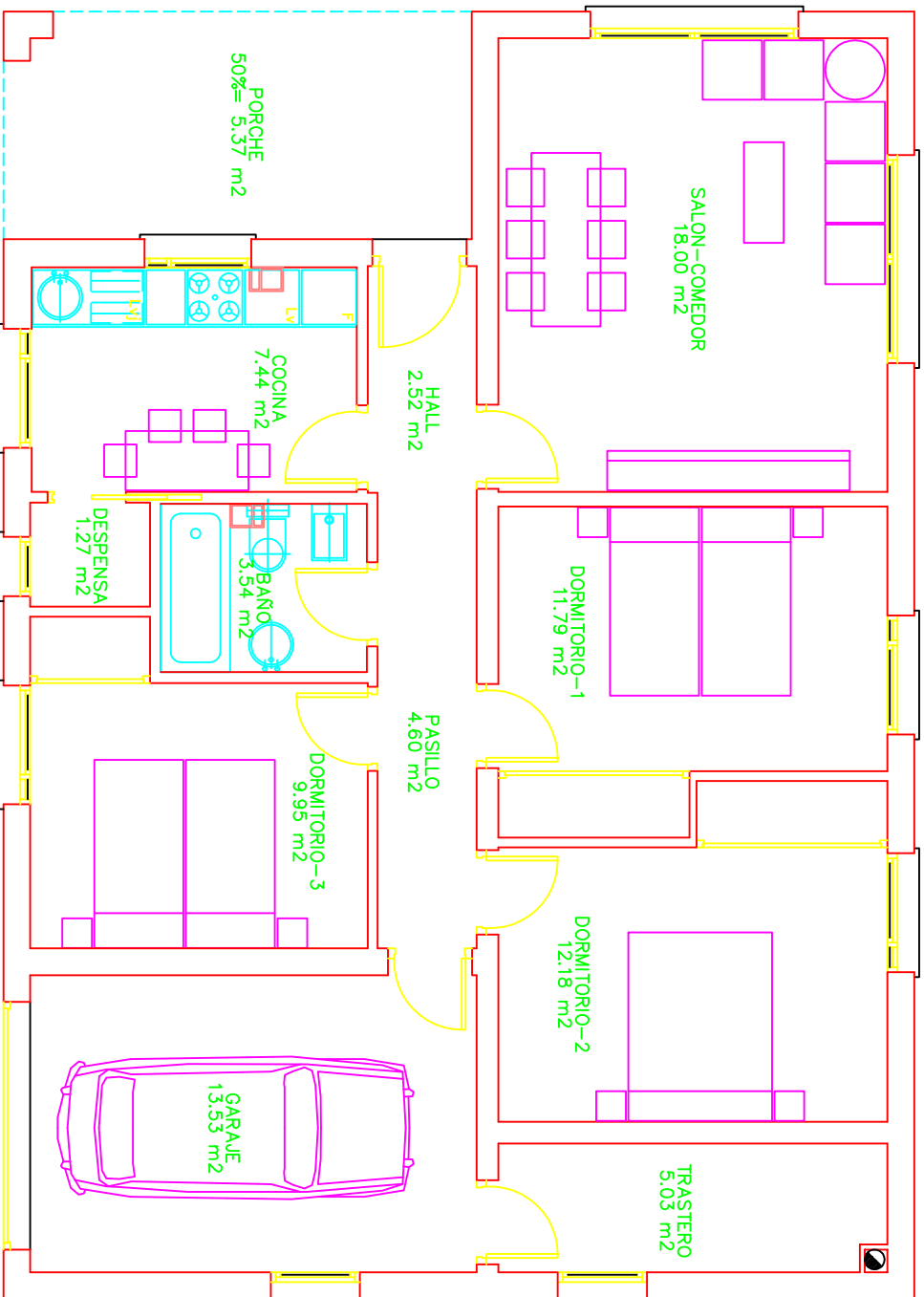
ÍNDICE: PLANOS

1. PLANO 1. LOCALIZACIÓN.
2. PLANO 2. SUPERFICIES.
3. PLANO 3. PLANTA ACOTADA.
4. PLANO 4. ALZADO NORESTE.
5. PLANO 5. ALZADO SUROESTE.
6. PLANO 6. ALZADO SURESTE.
7. PLANO 7. ALZADO NOROESTE.
8. PLANO 8. CUBIERTA.
9. PLANO 9. SECCIÓN LONGITUDINAL.
10. PLANO 10. PLANTA ACS.
11. PLANO 11. ALZADO ACS.
12. PLANO 12. CUBIERTA ACS.
13. PLANO 13. PLANTA BIOMASA.





 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>		<b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.</b>		
<b>PROYECTO:</b>			
<b>ENERGIAS RENOVABLES COMO ALTERNATIVA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR</b>			
<b>REALIZADO:</b>			<b>Santos Galdeano, David</b>
<b>FIRMA:</b> <i>David Santos</i>			
<b>FECHA:</b>		<b>21/01/2013</b>	
<b>ESCALA:</b>			
<b>1/50</b>			
<b>PLANO:</b>		<b>Nº PLANO:</b>	
<b>LOCALIZACIÓN</b>		<b>1</b>	



	SUPERFICIE UTIL	SUPERFICIE CONSTRUIDA
VIVIENDA	71.29 m <sup>2</sup>	86.07 m <sup>2</sup>
GARAJE TRASTERO	18.56 m <sup>2</sup>	22.65 m <sup>2</sup>
TOTAL	89.85 m <sup>2</sup>	108.72 m <sup>2</sup>
PORCHE	50%=5.37m <sup>2</sup>	10.74 m <sup>2</sup>



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
INGENIERO  
TECNICO INDUSTRIAL M.

PROYECTO:  
**ENERGIAS RENOVABLES COMO  
ALTERNATIVA EN UNA VIVIENDA  
UNIFAMILIAR**

DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE  
PROYECTOS E ING. RURAL**

REALIZADO:  
**Santos Galdeano, David**

FIRMA:

*David Santos*

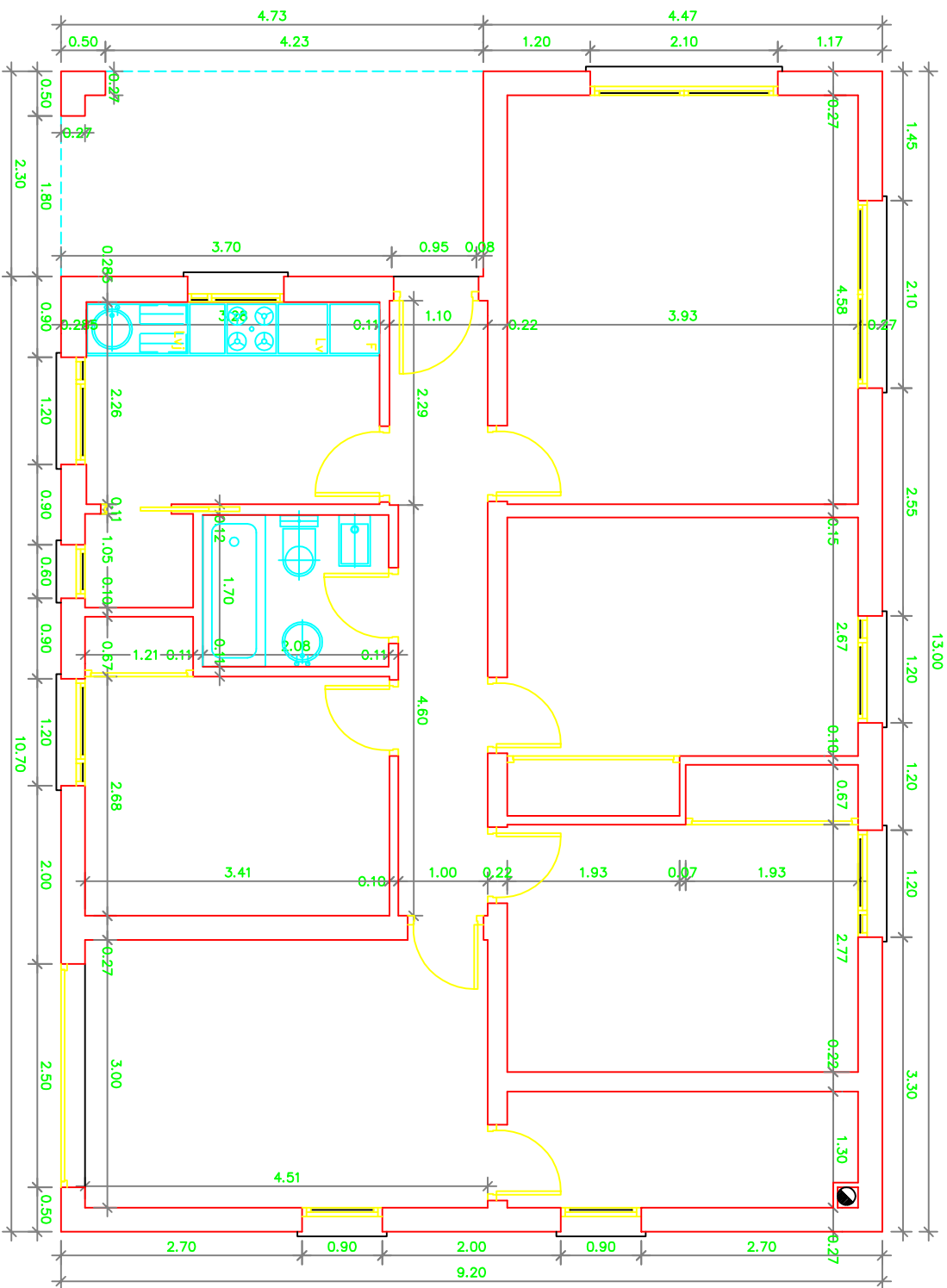
PLANO:

**PLANTA - SUPERFICIES**

FECHA:  
21/01/2013

ESCALA:  
1/50

Nº PLANO:  
2



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
INGENIERO  
TECNICO INDUSTRIAL M.

PROYECTO:

**ENERGIAS RENOVABLES COMO  
ALTERNATIVA EN UNA VIVIENDA  
UNIFAMILIAR**

REALIZADO:

Santos Galdeano, David

FIRMA:

*David Santos*

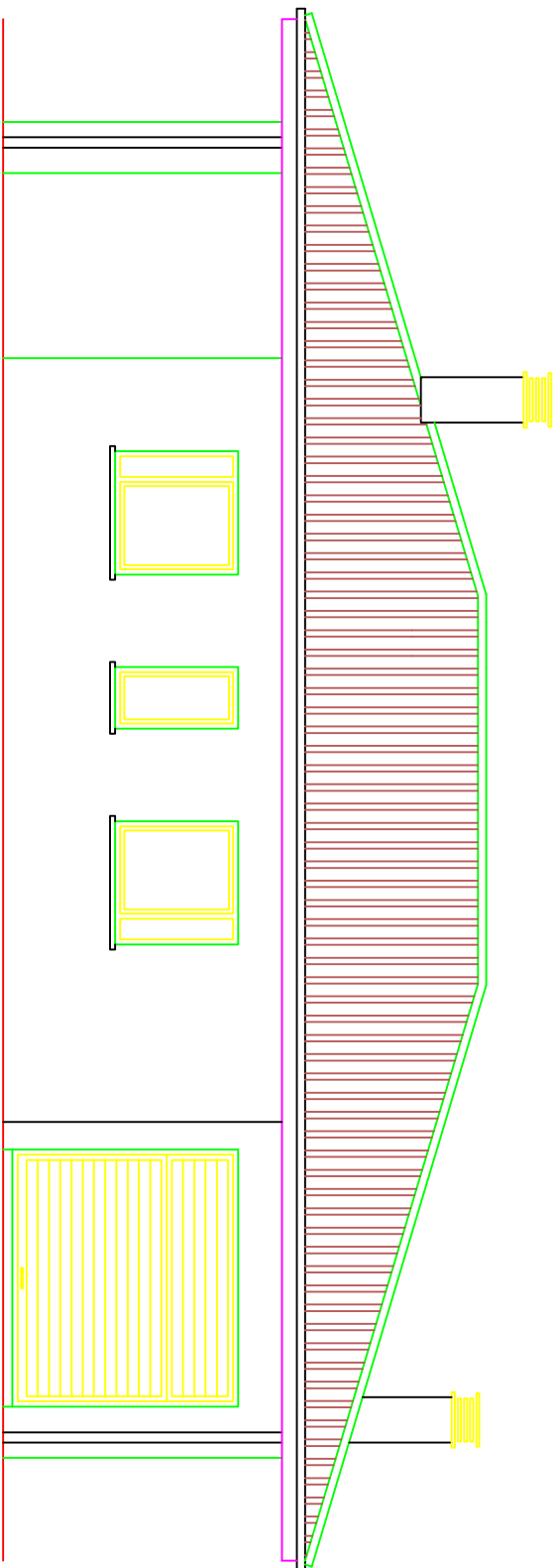
PLANO:

**PLANTA ACOTADA**


FECHA:  
21/01/2013

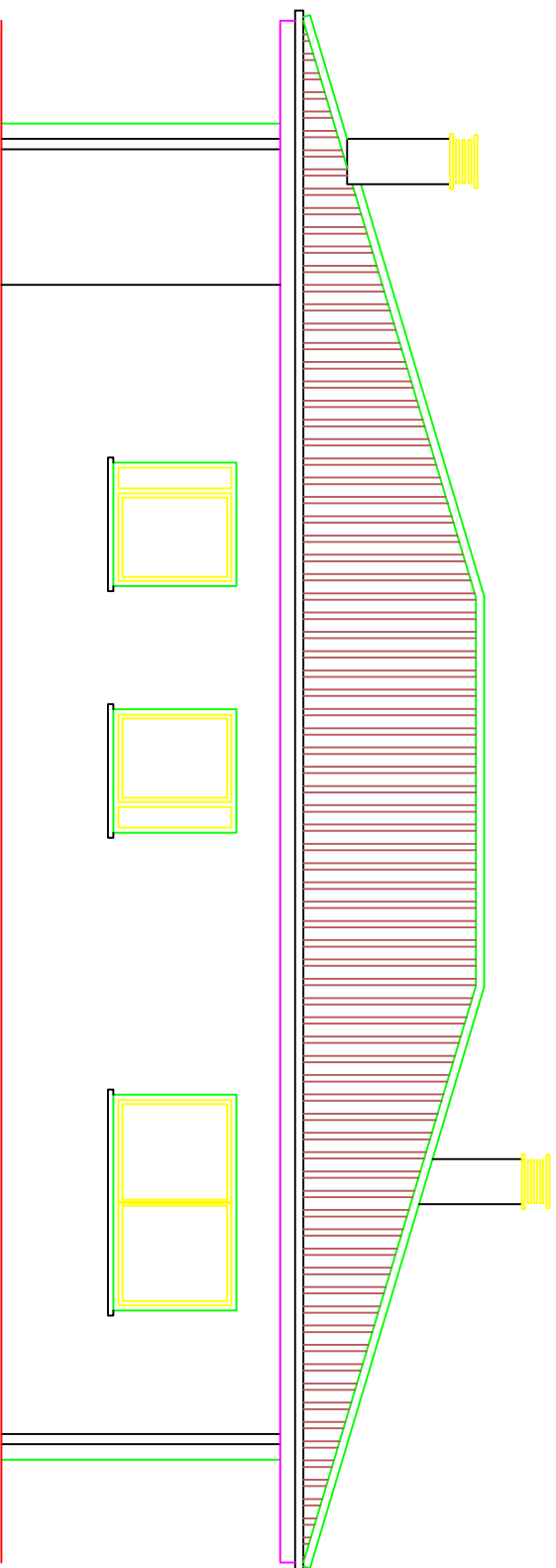
ESCALA:  
1/50

Nº PLANO:  
3



ALZADO NORESTE

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.		DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>	
PROYECTO: <b>ENERGIAS RENOVABLES COMO ALTERNATIVA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR</b>		REALIZADO: <b>Santos Galdeano, David</b>		FIRMA: <i>David Santos</i>	
PLANO: <b>ALZADO NORESTE</b>		FECHA: 21/01/2013		ESCALA: 1/50	
				Nº PLANO: 4	



ALZADO SUROESTE



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

INGENIERO  
TECNICO INDUSTRIAL M.

PROYECTO:  
**ENERGIAS RENOVABLES COMO  
ALTERNATIVA EN UNA VIVIENDA  
UNIFAMILIAR**

DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE  
PROYECTOS E ING. RURAL**

REALIZADO:  
**Santos Galdeano, David**

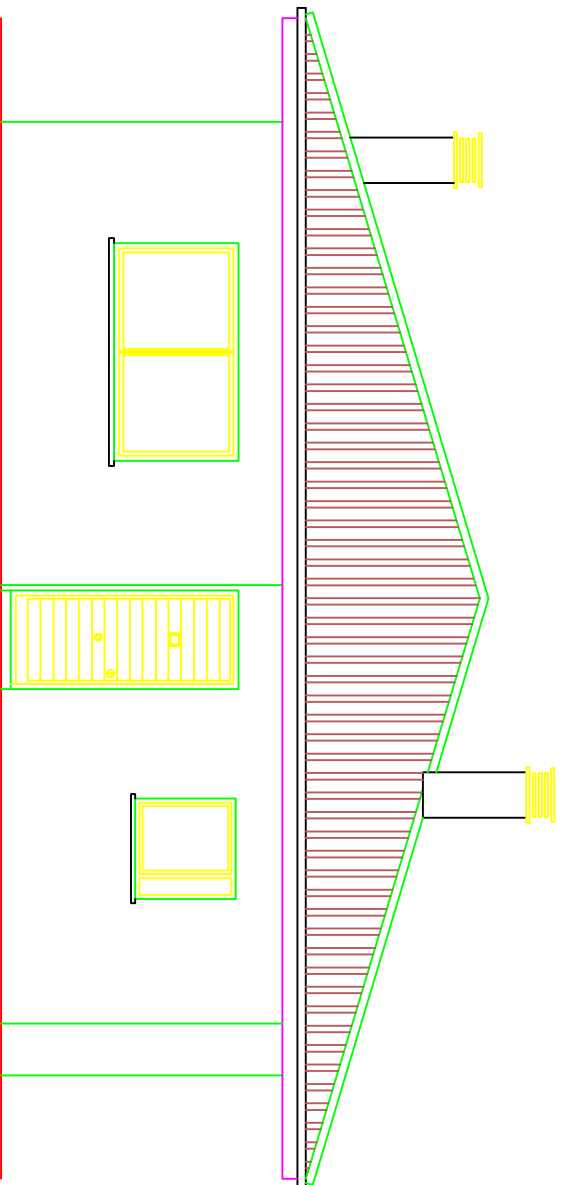
PLANO:  
**ALZADO SUROESTE**

FIRMA:  
*David Santos*


FECHA:  
21/01/2013

ESCALA:  
1/50

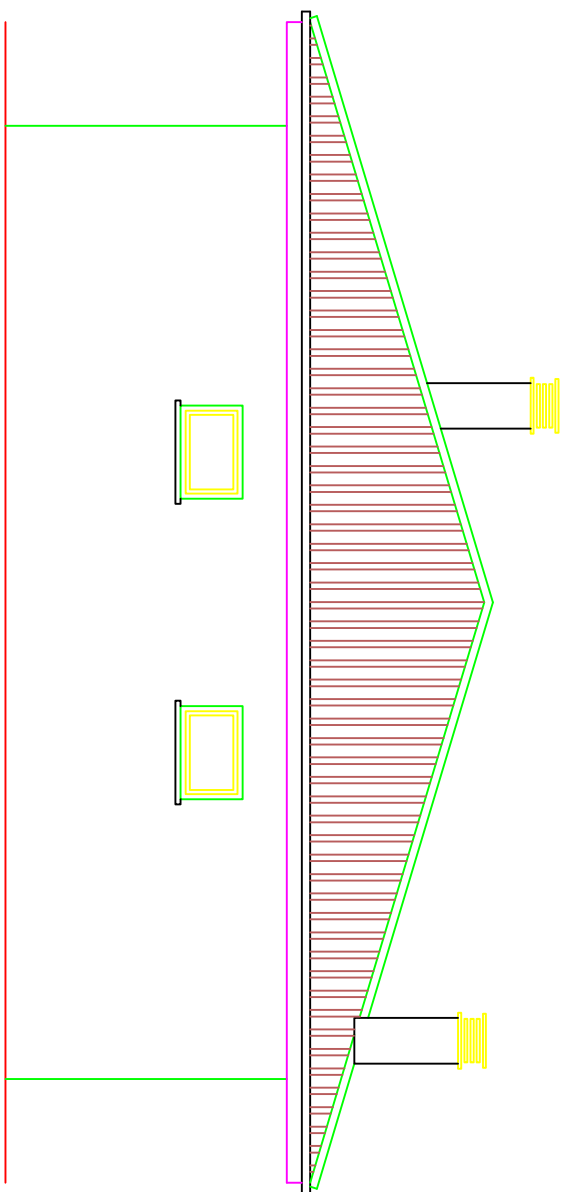
Nº PLANO:  
5




ALZADO SURESTE

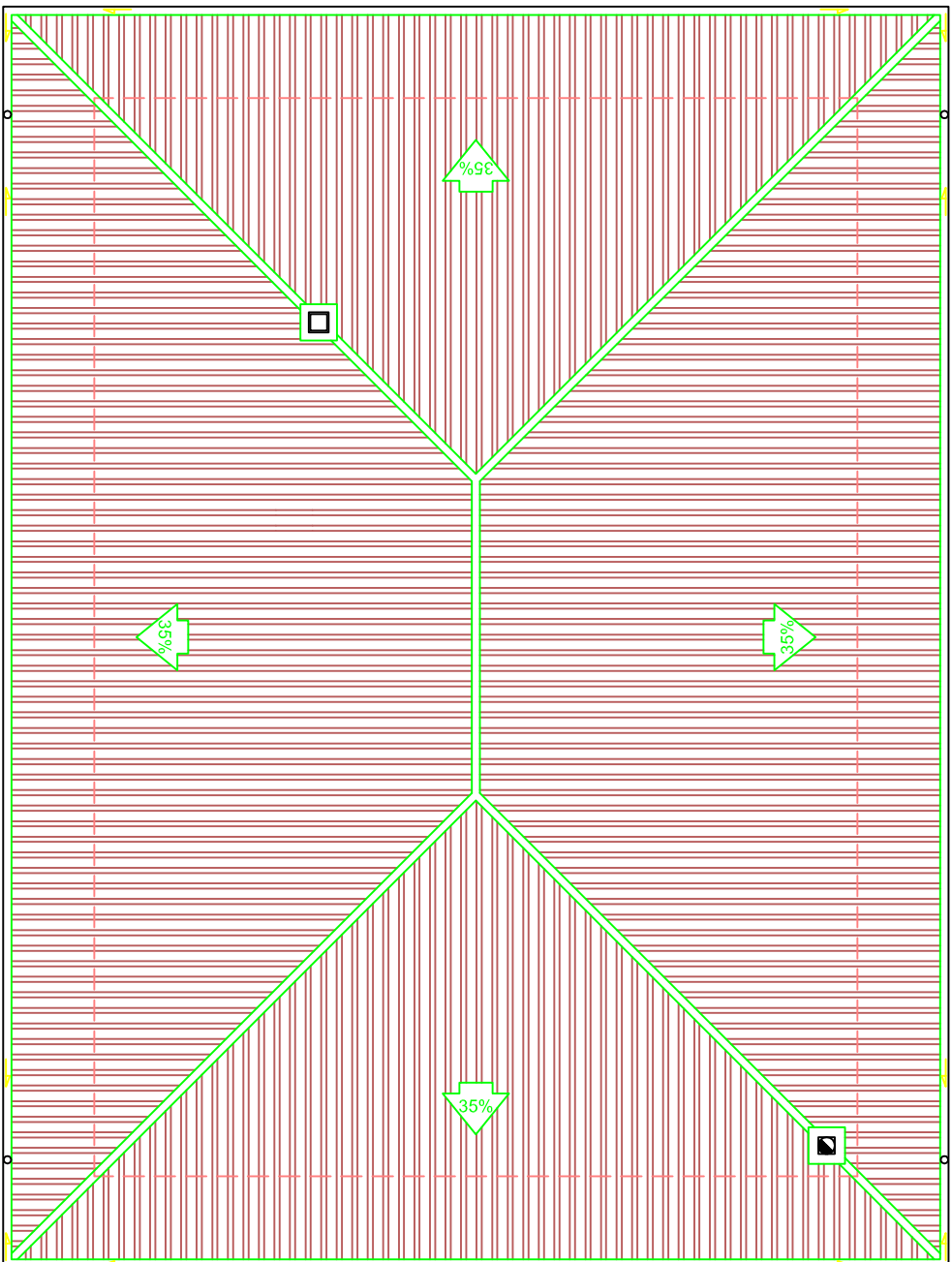
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.		DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>	
PROYECTO: <b>ENERGIAS RENOVABLES COMO ALTERNATIVA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR</b>				REALIZADO: <b>Santos Galdeano, David</b>	
PLANO: <b>ALZADO SURESTE</b>				FIRMA: <i>David Santos</i>	FECHA: 21/01/2013
				ESCALA: 1/50	Nº PLANO: 6





ALZADO NOROESTE

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.		DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>	
PROYECTO: <b>ENERGIAS RENOVABLES COMO ALTERNATIVA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR</b>				REALIZADO: <b>Santos Galdeano, David</b>	
PLANO: <b>ALZADO NOROESTE</b>				FIRMA: <i>David Santos</i>	FECHA: 21/01/2013
				ESCALA: 1/50	Nº PLANO: 7



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
INGENIERO  
TECNICO INDUSTRIAL M.

PROYECTO:

**ENERGIAS RENOVABLES COMO  
ALTERNATIVA EN UNA VIVIENDA  
UNIFAMILIAR**

REALIZADO:

Santos Galdeano, David

FIRMA:

David Santos

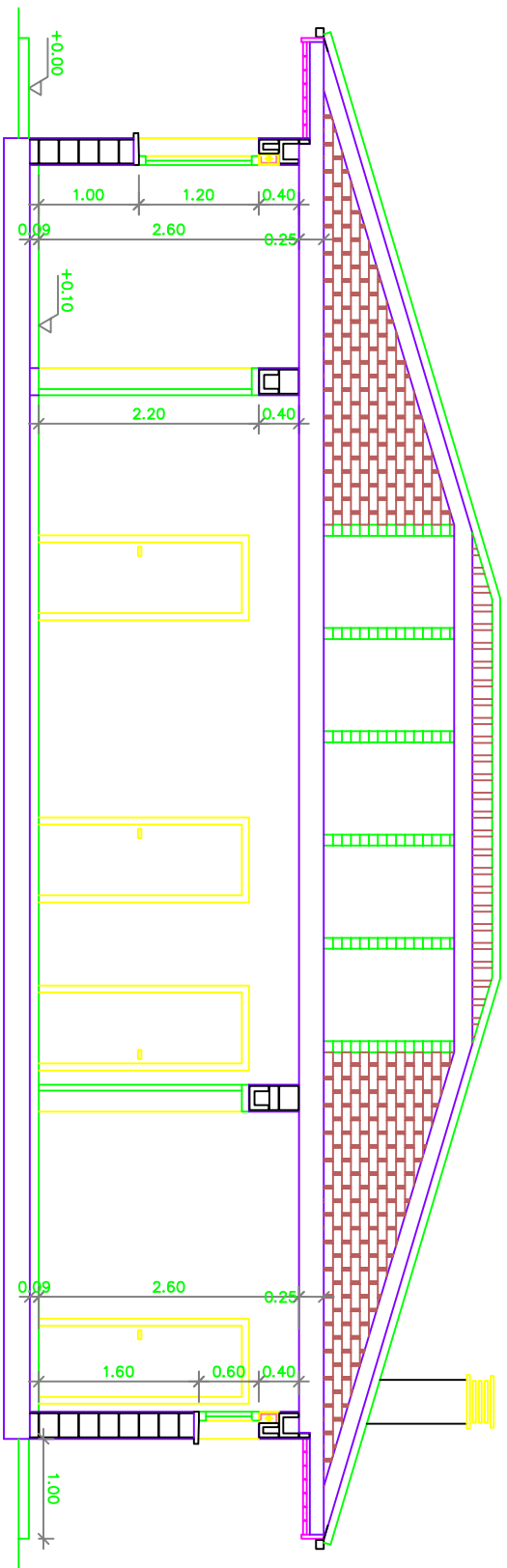
PLANO:

CUBIERTA

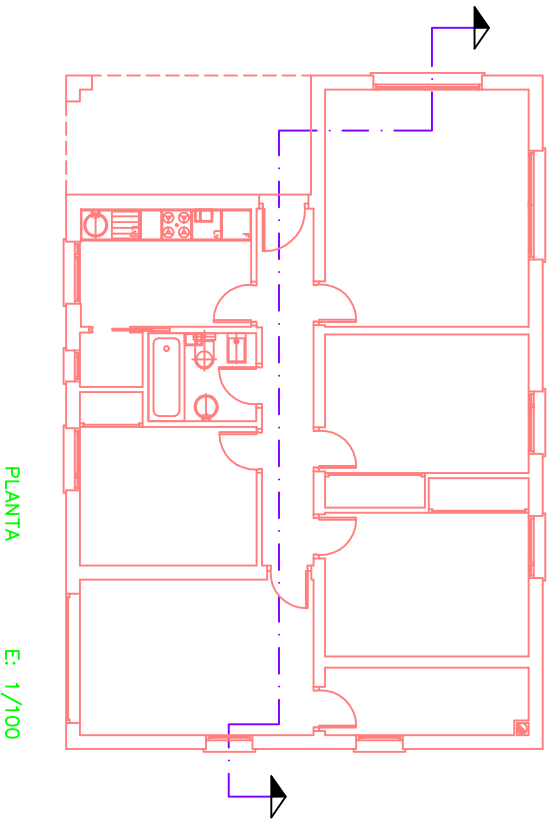
FECHA:  
21/01/2013

ESCALA:  
1/50

Nº PLANO:  
8



SECCION LONGITUDINAL



PLANTA

E: 1/100



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.  
INGENIERO  
TECNICO INDUSTRIAL M.

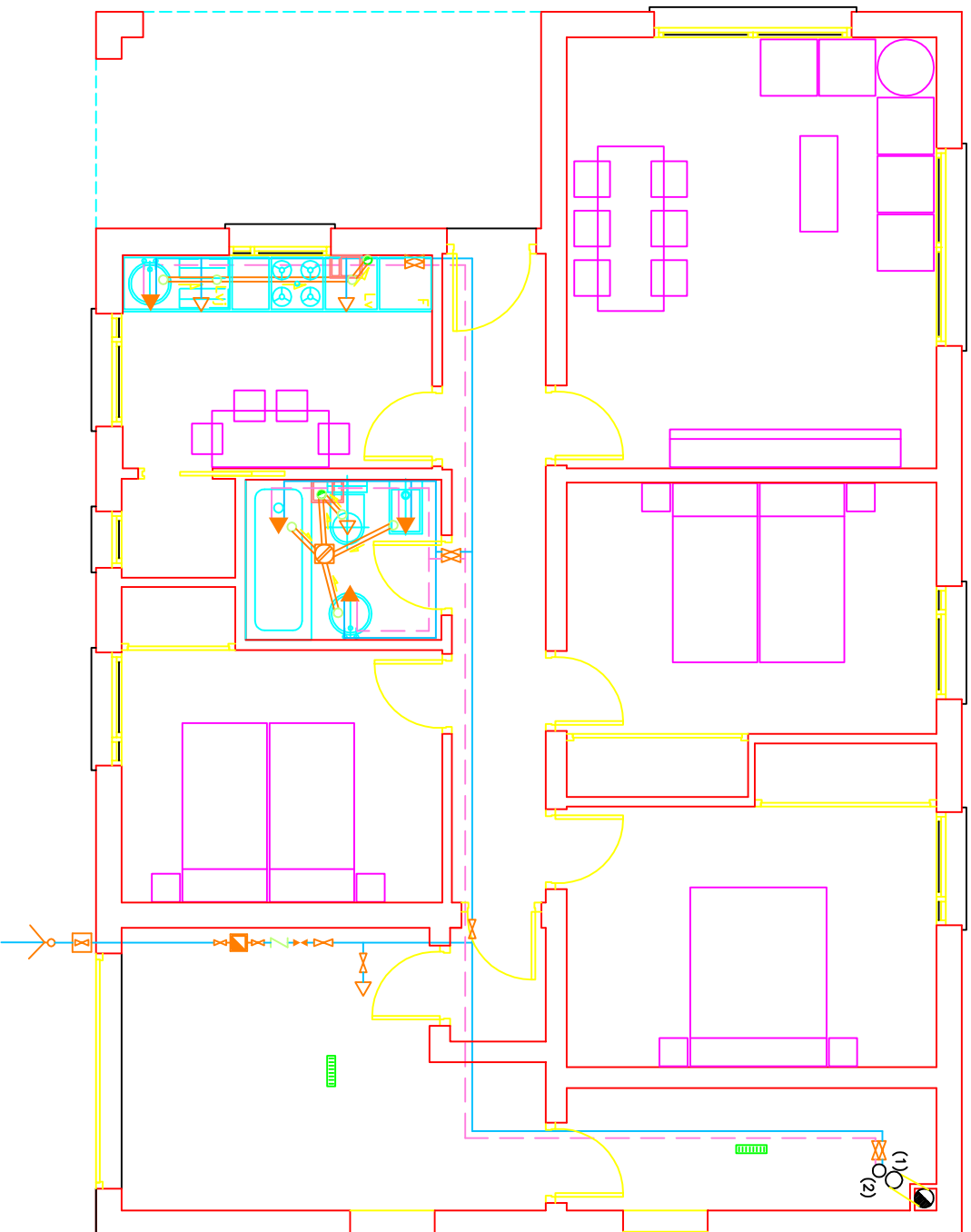
DEPARTAMENTO:  
DEPARTAMENTO DE  
PROYECTOS E ING. RURAL

PROYECTO:  
**ENERGIAS RENOVABLES COMO  
ALTERNATIVA EN UNA VIVIENDA  
UNIFAMILIAR**

REALIZADO:  
Santos Galdeano, David  
FIRMA: *David Santos*

PLANO:  
SECCION LONGITUDINAL


FECHA: 21/01/2013  
ESCALA: 1/50  
Nº PLANO: 9

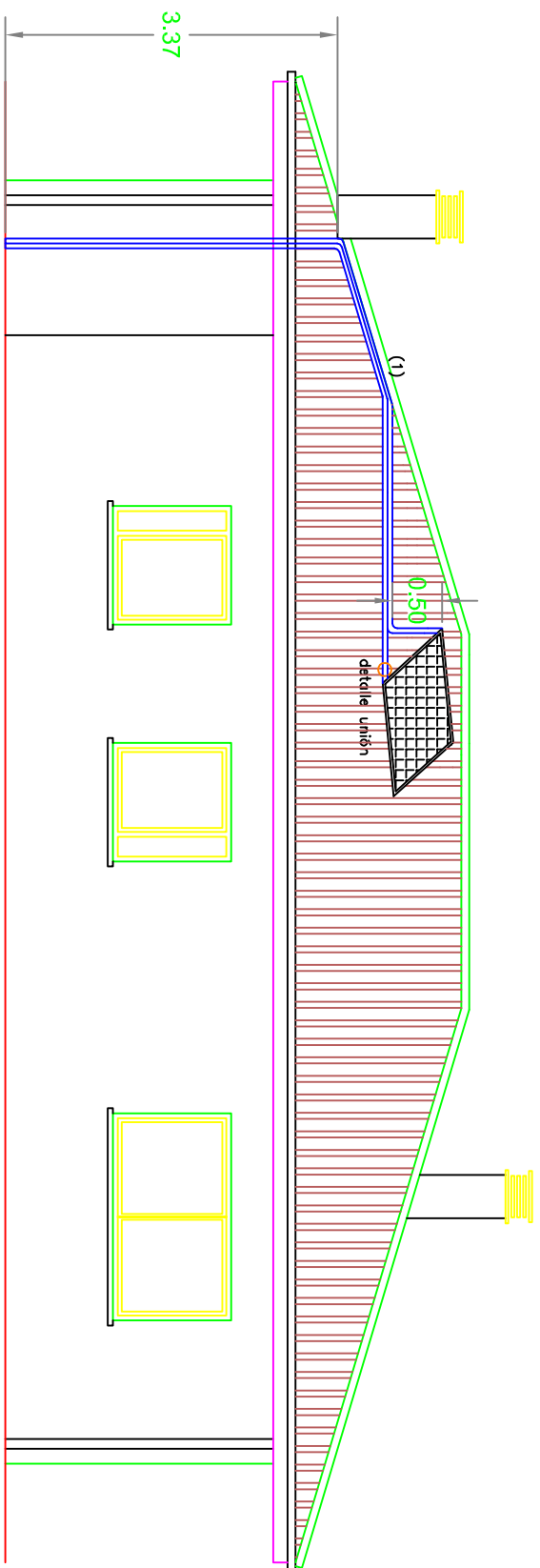


- (1) INTERACUMULADOR ISF 150 M1  
(2) VASO EXPANSIÓN IBAONDO 8 CMR

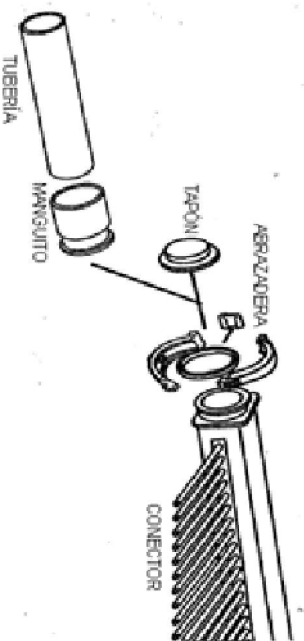
SANEAMIENTO	
	TUBERÍA DESAGUE
	DESAGUE APARATOS DE BOMBEO
	DESAGUE
	BOTE SIFONICO COLOCADO
	BAUANTE DE P.V.C.
	ARQUETA DE PASO
	ARQUETA A PIE DE BAUANTE
	ARQUETA SUMIDERO

FONTANERÍA	
	ACOMETIDA A LA RED PUBLICA
	LLAVE GENERAL COLOCADA
	CONTADOR GENERAL COLOCADO
	CANALIZACION AGUA FRIA
	CANALIZACION AGUA CALIENTE
	LLAVE DE PASO COLOCADA
	LLAVE DE PASO CON GRIFO DE VACIADO
	VALVULA REDUCTORA COLOCADA
	VALVULA DE RETENCION
	GRIFO AGUA FRIA COLOCADO
	MONTANTE AGUA FRIA
	MONTANTE AGUA CALIENTE
	HIDROMEZCLADOR MANUAL
	GRIFO CONSUMO AGUA CALIENTE

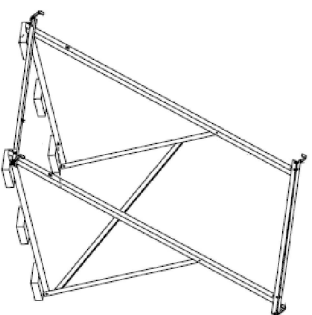
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.	
	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
PROYECTO:  ENERGIAS RENOVABLES COMO ALTERNATIVA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR	REALIZADO:  Santos Galdeano, David	
FIRMA:  <i>David Santos</i>		
PLANO:  PLANTA A.C.S. - FONTANERÍA	FECHA: 21/01/2013	ESCALA: 1/50
	Nº PLANO: 10	



(1) TUBERIA CU 12 MM, AISLANTE AEROLINE SPLT 20 MM



DETALLE UNION



DETALLE SOPORTE



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
INGENIERO  
TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE  
PROYECTOS E ING. RURAL**

PROYECTO:

**ENERGIAS RENOVABLES COMO  
ALTERNATIVA EN UNA VIVIENDA  
UNIFAMILIAR**

REALIZADO:

Santos Galdeano, David

FIRMA:

*David Santos*

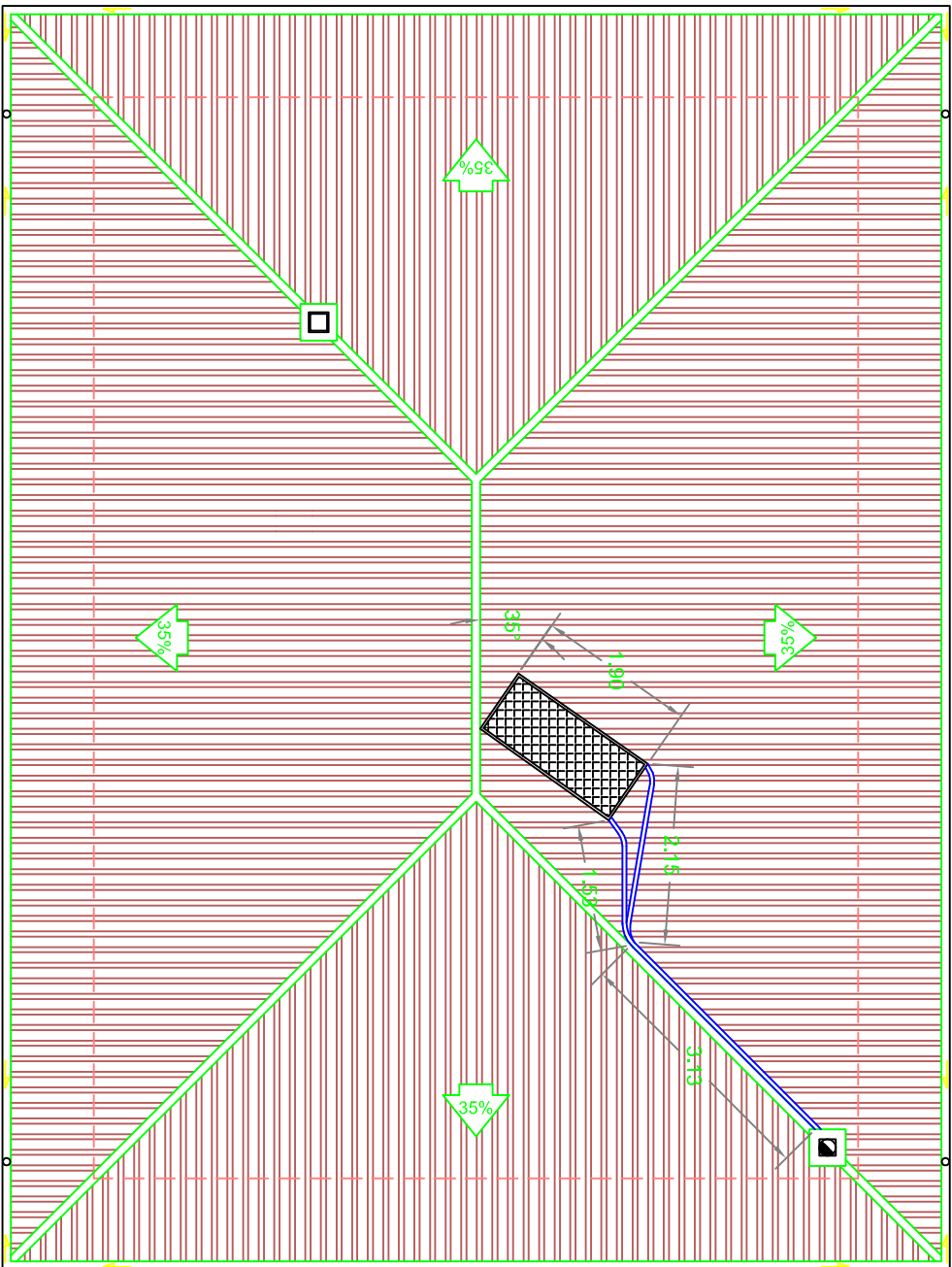
PLANO:

**ALZADO A.C.S. - CAPTADOR**

FECHA:  
21/01/2013

ESCALA:  
1/50

Nº PLANO:  
11



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
INGENIERO  
TECNICO INDUSTRIAL M.

PROYECTO:

**ENERGIAS RENOVABLES COMO  
ALTERNATIVA EN UNA VIVIENDA  
UNIFAMILIAR**

REALIZADO:

Santos Galdeano, David

FIRMA:

*David Santos*

PLANO:

**CUBIERTA A.C.S. - CAPTADOR**

FECHA:

21/01/2013

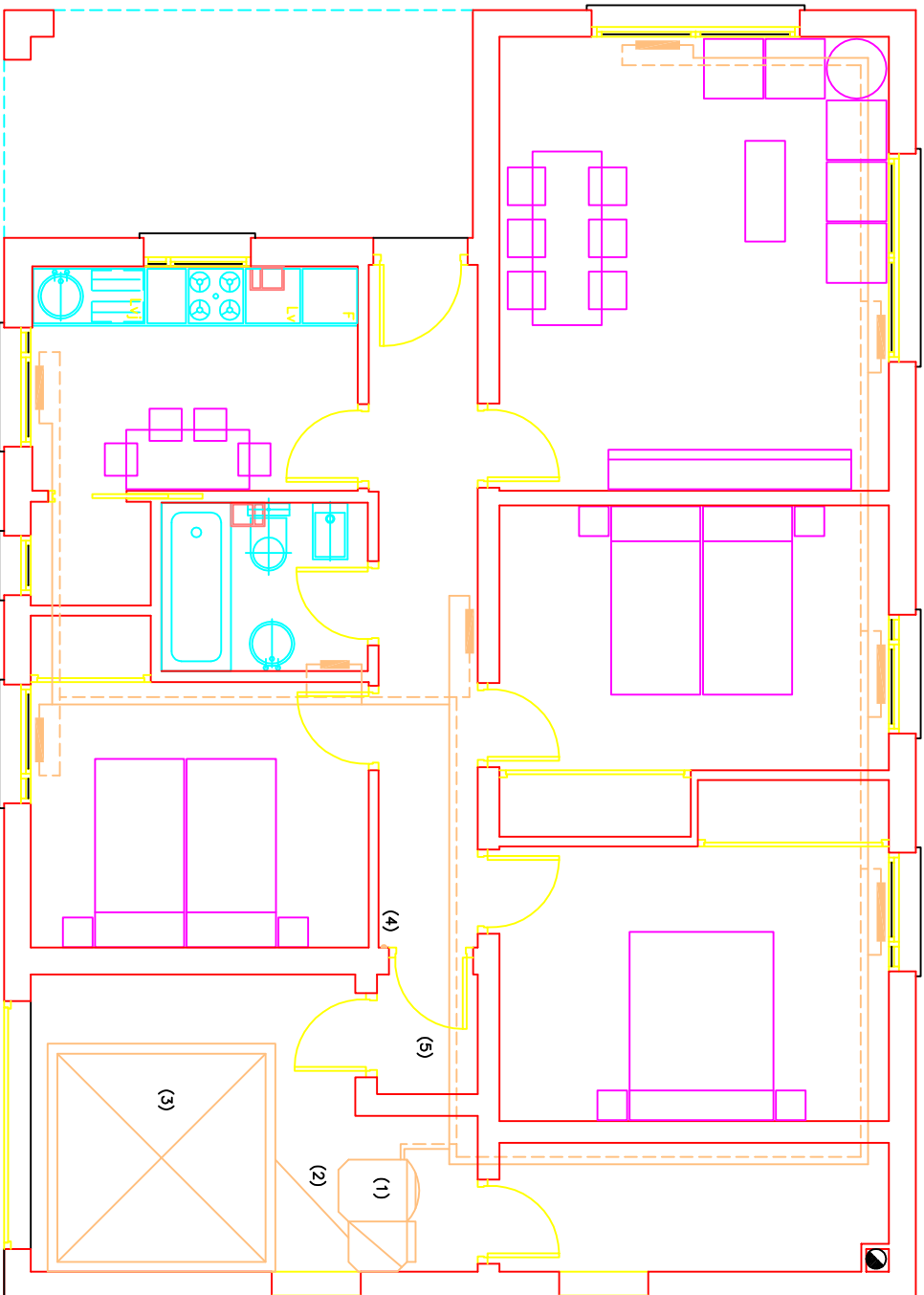
ESCALA:

1/50

Nº PLANO:

12





# CALEFACCION

- EMISOR ROCA DE PANELES DE CHAPA DE ACERO
- CANALIZACION DE COBRE DE IDA CALORIFUGADA
- CANALIZACION DE COBRE DE RETORNO CALORIFUGADA

- (1) CALDERA BIOMASA, PELLELMATIC PE15
- (2) TORNILLO SINFIN
- (3) SILO OKOFEN S220H
- (4) INTERRUPTOR APAGADO EMERGENCIA
- (5) VESTIBULO DE INDEPENDENCIA



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
INGENIERO  
TECNICO INDUSTRIAL M.

PROYECTO:  
**ENERGIAS RENOVABLES COMO  
ALTERNATIVA EN UNA VIVIENDA  
UNIFAMILIAR**

DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE  
PROYECTOS E ING. RURAL**

REALIZADO:  
**Santos Galdeano, David**

FIRMA: *David Santos*

PLANO:  
**PLANTA BIOMASA - CALEFACCION**

FECHA: 21/01/2013  
ESCALA: 1/50  
Nº PLANO: 13



## ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

ENERGÍAS RENOVABLES COMO ALTERNATIVA EN UNA  
VIVIENDA UNIFAMILIAR.

### DOCUMENTO 3: PLIEGO DE CONDICIONES

Nombre y apellidos del alumno: David Santos Galdeano

Nombre y apellidos del tutor: Jorge Odériz Ezcurra

Pamplona, 14 de Febrero de 2013

---

ÍNDICE: PLIEGO DE CONDICIONES

1. CAPITULO 1. CONDICIONES GENERALES.....	1
1.1. Condiciones facultativas.	
1.2. Condiciones económicas.	
1.3. Condiciones legales.	
1.3.1. Recepción de obras.	
1.3.2. Cargos al contratista.	
1.3.3. Rescisión del contrato.	
1.3.4. Recepción de trabajos cuya contrata se hubiera rescindido.	
1.4. Condiciones técnicas.	
2. CAPITULO 2. EXIGENCIAS DE SEGURIDAD.....	9
2.1. Generalidades.	
2.2. Superficies de calefacción.	
2.3. Válvulas de seguridad.	
2.4. Dispositivos de seguridad.	
2.5. Protección contra incendios.	
2.6. Indicaciones de seguridad.	
3. CAPITULO 3. EXIGENCIAS DE RENDIMIENTO Y AHORRO.....	11
3.1. Generalidades.	
3.2. Condiciones ambientales.	
3.2.1. Temperaturas de los locales.	
3.2.2. Humedad relativa de los locales.	
3.3. Sala de máquinas.	
3.3.1. Idoneidad del combustible.	
3.3.2. Fraccionamiento de la potencia.	
3.4. Aislamiento térmico.	
3.5. Regulación.	
3.6. Interrupción del servicio.	

3.7. Agua caliente sanitaria.	
3.7.1. Contadores.	
3.7.2. Condiciones generales de producción.	
3.7.3. Limitaciones al consumo de agua.	
 4. CAPITULO 4. SALA DE MÁQUINAS.....	14
4.1. Generalidades.	
4.2. Instalación de la maquinaria.	
4.3. Locales.	
4.4. Ventilación.	
 5. CAPITULO 5. CHIMENEAS Y CONDUCCIONES DE HUMOS.....	17
5.1. Generalidades.	
5.2. Distancia de las salidas de humos a otras conducciones.	
5.3. Concepción y diseño.	
5.4. Dimensionamiento.	
5.5. Construcción.	
5.6. Materiales.	
 6. CAPITULO 6. FONTANERÍA.....	18
6.1. Criterios de medición y valoración de unidades.	
6.2. Prescripciones sobre los productos.	
6.3. Prescripción en cuanto a la ejecución por unidades de obra.	
6.3.1. Características técnicas de cada unidad de obra.	
6.3.2. Proceso de ejecución.	
6.3.3. Control de ejecución, ensayos y pruebas.	
6.3.4. Conservación y mantenimiento durante la obra.	
6.4. Prescripciones sobre verificaciones en el edificio terminado.	
 7. CAPITULO 7. PRESCRIPCIONES GENERALES EN INSTALACIÓN....	28

- 7.1. Generalidades.
- 7.2. Conexiones a aparatos.
- 7.3. Canalizaciones.
  - 7.3.1. Normas generales.
  - 7.3.2. Curvas.
  - 7.3.3. Alineaciones.
  - 7.3.4. Pendientes.
  - 7.3.5. Anclajes y suspensiones.
  - 7.3.6. Pasos por humos, tabiques, forjados, etc...
  - 7.3.7. Uniones.
  - 7.3.8. Tuberías ocultas.
  - 7.3.9. Purgas.
  - 7.3.10. Filtros.
  - 7.3.11. Relación con otros servicios.
  - 7.3.12. Válvulas.
  - 7.3.13. Bombas de circulación.
  - 7.3.14. Elementos de regulación y control.
  - 7.3.15. Alimentación y vaciado.
  - 7.3.16. Depósito de expansión.

## 8. CAPITULO 8. AISLAMIENTO TÉRMICO DE LAS INSTALACIONES.. 34

- 8.1. Generalidades.
- 8.2. Materiales.
- 8.3. Colocación.
- 8.4. Aislamiento térmico de tuberías y accesorios.

## 9. CAPITULO 9. RECEPCIÓN DE LA INSTALACIÓN..... 36

- 9.1. Generalidades.
  - 9.1.1. Pruebas parciales.
  - 9.1.2. Pruebas finales.
  - 9.1.3. Recepción provisional.

9.1.4. Recepción definitiva.	
9.2. Pruebas finales.	
9.2.1. Pruebas específicas.	
9.2.2. Pruebas globales.	
9.3. Recepción provisional.	
9.3.1. Documentación de recepción.	
9.3.2. Responsabilidad.	
 10. CAPITULO 10. PUESTA EN FUNCIONAMIENTO.....	40
10.1. Generalidades.	
10.2. Inspecciones.	
10.3. Sanciones.	
10.4. Suministro de energía.	
 11. CAPITULO 11. MANTENIMIENTO.....	41
11.1. Generalidades.	
11.2. Manual de instrucciones y normas de seguridad.	
11.3. Operaciones de mantenimiento.	
11.4. Límites.	
11.5. Sanciones.	
11.6. Inspecciones periódicas.	

## **PLIEGO DE CONDICIONES DE LA INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR**

1. CONDICIONES GENERALES DE LA INSTALACIÓN.....	46
1.1. Condiciones generales.	
1.1.1. Fluido de trabajo.	
1.1.2. Protección contra heladas.	
1.1.3. Sobrecalentamientos.	



- 1.1.3.1. Protección contra sobrecalentamientos.
      - 1.1.3.2. Protección contra quemaduras.
      - 1.1.3.3. Protección de materiales con altas temperaturas.
    - 1.1.4. Resistencia a presión.
    - 1.1.5. Prevención de flujo inverso.
  - 1.2. Criterios de medición y valoración de unidades.
  - 1.3. Prescripciones sobre los productos.
    - 1.3.1. Características de los productos que se incorporan a las unidades de obra.
  - 1.4. Prescripción en cuanto a la ejecución por unidades de obra.
    - 1.4.1. Características técnicas de cada unidad de obra.
    - 1.4.2. Proceso de ejecución.
    - 1.4.3. Control de ejecución, ensayos y pruebas.
    - 1.4.4. Conservación y mantenimiento durante la obra.
  - 1.5. Prescripciones sobre verificaciones.
2. CRITERIOS GENERALES DE CÁLCULO..... 58
- 2.1. Dimensionado básico.
  - 2.2. Sistema de captación.
    - 2.2.1. Generalidades.
    - 2.2.2. Conexionado.
    - 2.2.3. Estructura soporte.
  - 2.3. Sistema de acumulación solar.
    - 2.3.1. Generalidades.
    - 2.3.2. Situación de las conexiones.
  - 2.4. Circuito hidráulico.
    - 2.4.1. Generalidades.
    - 2.4.2. Tuberías.
    - 2.4.3. Bombas.
    - 2.4.4. Vasos de expansión.
    - 2.4.5. Purga de aire.

2.4.6. Drenaje.	
2.5. Sistema de energía convencional auxiliar.	
2.6. Sistema de control.	
2.7. Sistema de medida.	
3. COMPONENTES.....	64
3.1. Captadores solares.	
3.2. Acumuladores.	
3.3. Bombas de circulación.	
3.4. Tuberías.	
3.5. Válvulas.	
3.6. Vasos de expansión.	
3.6.1. Vasos de expansión abiertos.	
3.6.2. Vasos de expansión cerrados.	
3.7. Purgadores.	
3.8. Sistema de llenado.	
3.9. Sistema eléctrico y de control.	
4. MANTENIMIENTO.....	69
4.1. Plan de vigilancia.	
4.2. Plan de mantenimiento.	

## **PLIEGO DE CONDICIONES DE LA INSTALACIÓN DE BIOMASA**

1. GENERALIDADES.....	75
1.1. Ámbito de aplicación.	
1.2. Medición y valoración.	
1.3. Materiales y aparatos.	
1.4. Seguridad e higiene en el trabajo.	
1.5. Responsabilidades.	
1.6. Normas.	

2. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES.....	76
2.1. Procedencia y condiciones de los materiales.	
2.2. Calderas.	
2.3. Quemadores.	
2.4. Regulación y control.	
2.5. Reconocimiento de los materiales.	
3. EJECUCIÓN Y CONTROL DE INSTALACIÓN.....	77
3.1. Técnico encargado de la instalación.	
3.2. Condiciones de la mano de obra.	
3.2.1. Sanitarias	
3.2.2. Profesionales.	
3.2.3. Asistenciales.	
3.3. Normas generales de ejecución.	
3.4. Calderas.	
3.5. Recepción de los materiales.	

## **CAPITULO 1. CONDICIONES GENERALES.**

Este documento tiene por finalidad el establecer las condiciones técnicas, generales, económicas y legales en que ha de basarse la contratación de los trabajos a realizar para llevar a buen fin la instalación objeto de este proyecto. En la redacción del presente escrito se han observado, y deberán cumplirse, aún en los aspectos no expresados específicamente, todas las normas vigentes relacionadas con el tipo de edificación e instalaciones proyectadas, entre las que se pueden destacar:

- Código Técnico de la Edificación en lo referente a los Documentos Básicos de Seguridad de Utilización y Accesibilidad (SUA), Salubridad (HS), Seguridad Estructural (SE), Ahorro de Energía (HE), Seguridad en caso de Incendio (SI) y Seguridad frente al ruido (HR).
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (R.I.T.E.) según Real Decreto 1027/2007 del 20 de julio.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre sobre Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción.
- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, según Orden del Ministerio de Trabajo de 9 de Marzo de 1.971.

### **1.1. CONDICIONES FACULTATIVAS.**

Es obligación de la contrata, el ejecutar cuanto sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras, aún cuando no se halle expresamente estipulado en los pliegos de condiciones, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga el ingeniero director y dentro de los límites de posibilidades que los presupuestos determinen para cada unidad de obra y tipo de ejecución.

Las reclamaciones que el contratista quiera hacer contra las órdenes emanadas del ingeniero director, sólo podrán presentarlas a través del mismo ante la propiedad, si ellas son de orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los pliegos de condiciones correspondientes, contra disposiciones de orden técnico o facultativo del ingeniero director, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el contratista salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada, dirigida al ingeniero director, el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo que, en todo caso, será obligatorio para este tipo de reclamaciones.

Por falta en el cumplimiento de las Instrucciones de los ingenieros o a sus subalternos de cualquier clase, encargados de la vigilancia de las obras, por manifiesta incapacidad o por actos que comprometan y perturben la marcha de los trabajos, el contratista tendrá obligación de sustituir a sus dependientes y operarios, cuando el ingeniero director lo reclame.

Obligatoriamente y por escrito, deberá el contratista dar cuenta al ingeniero director del comienzo de los trabajos, antes de transcurrir veinticuatro horas de su iniciación.

El contratista, como es natural, debe emplear los materiales y mano de obra que cumplan las condiciones exigidas en las condiciones generales de índole técnica del Pliego general de condiciones de la edificación y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados, de acuerdo con lo especificado también en dicho documento. Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva de la instalación, el contratista es el único responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que, en éstos, puedan existir, por su mala ejecución o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que pueda servirle de excusa ni le otorgue derecho alguno la circunstancia de que el ingeniero director o sus subalternos no le haya llamado la atención sobre el particular, ni tampoco el hecho de que hayan sido valoradas en las certificaciones parciales de la obra que siempre se supone que se extienden y abonan a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el ingeniero director o su representante en la obra adviertan vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados, o que los aparatos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados estos y antes de verificarse la recepción definitiva de la obra, podrán disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado y todo ello a expensas de la contrata.

Si el ingeniero director tuviese fundadas razones para creer en la existencia de defectos ocultos en las obras ejecutadas, ordenará efectuar, en cualquier tiempo y antes de la recepción definitiva, las demoliciones que crea necesarias para reconocer los trabajos que suponga defectuosos.

Los gastos de demolición y reconstrucción que se ocasionen, serán de cuenta del contratista, siempre que los vicios existan realmente, y, en caso contrario, correrán a cargo del propietario.

No se procederá al empleo y colocación de los materiales y de los aparatos sin que antes sean examinados y aceptados por el ingeniero director, en los términos que prescriben los pliegos de condiciones, depositando al efecto, el contratista, las muestras y modelos necesarios, previamente contraseñados, para efectuar con ellos las comprobaciones, ensayos o pruebas preceptuadas en el pliego de condiciones, vigente en la obra.

Los gastos que ocasionen los ensayos, análisis, pruebas, etc., antes indicados, serán de cargo del contratista. Cuando los materiales o aparatos no fueran de calidad requerida o no estuvieran perfectamente preparados, el ingeniero director dará orden al contratista para que los reemplace por otros que se ajusten a las condiciones requeridas por los pliegos o, a falta de éstos, a las órdenes del ingeniero director.

Serán de cuenta y riesgo del contratista, los andamios, cimbras, máquinas y demás medios auxiliares que para la debida marcha y ejecución de los trabajos se necesiten, no cabiendo, por tanto, al propietario responsabilidad alguna por cualquier avería o accidente personal que pueda ocurrir en las

obras por insuficiencia de dichos medios auxiliares.

La recepción de la instalación tendrá como objeto el comprobar que la misma cumple las prescripciones de la reglamentación vigente y las especificaciones de las instrucciones técnicas, así como realizar una puesta en marcha correcta y comprobar, mediante los ensayos que sean requeridos, las prestaciones de contabilidad, exigencias de uso racional de la energía, contaminación ambiental, seguridad y calidad que son exigidas.

Todas y cada una de las pruebas se realizarán en presencia del director de obra de la instalación, el cual dará fe de los resultados por escrito.

A lo largo de la ejecución deberá haberse hecho pruebas parciales, controles de recepción, etc., de todos los elementos que haya indicado el director de obra. Particularmente todas las uniones o tramos de tuberías, conductos o elementos que por necesidades de la obra vayan a quedarse ocultos, deberán ser expuestos para su inspección o expresamente aprobados, antes de cubrirlos o colocar las protecciones requeridas. Terminada la instalación, será sometida por partes o en su conjunto a las pruebas que se indican, sin perjuicio de aquellas otras que solicite el director de la obra. Una vez realizadas las pruebas finales con resultados satisfactorios para el director de obra, se procederá, al acto de recepción provisional de la instalación. Con este acto se dará por finalizado el montaje de la instalación.

Transcurrido el plazo contractual de garantía, en ausencia de averías o defectos de funcionamiento durante el mismo, o habiendo sido estos convenientemente subsanados, la recepción provisional adquirirá carácter de recepción definitiva, sin realización de nuevas pruebas, salvo que por parte de la propiedad haya cursado aviso en contra antes de finalizar el periodo de garantía establecido. Es condición previa para la realización de las pruebas finales que la instalación se encuentre totalmente terminada de acuerdo con las especificaciones del proyecto, así como que haya sido previamente equilibrada y puesta a punto y se hayan cumplido las exigencias previas que haya establecido el director de obra tales como limpieza, suministro de energía, etc.

Como mínimo deberán realizarse las pruebas específicas que se indican referentes a las exigencias de seguridad y uso racional de la energía. A continuación se realizarán las pruebas globales del conjunto de la instalación.

Además de todas las facultades particulares, que corresponden al ingeniero director, es misión específica suya la dirección y vigilancia de los trabajos que en las obras se realicen, bien por sí o por medio de sus representantes técnicos y ello con autoridad técnica legal, completa e indiscutible, incluso en todo lo no previsto, sobre las personas y cosas situadas en la obra y relación con los trabajos que, para la ejecución de las instalaciones u obras anejas, se lleven a cabo, pudiendo incluso, pero con causa justificada, recusar al Instalador, si considera que, el adoptar esta resolución es útil y necesaria para la debida marcha de la obra.



## 1.2. CONDICIONES ECONÓMICAS.

Como base fundamental de estas “Condiciones generales de índole económica”, se establece el principio de que el contratista debe percibir el importe de todos los trabajos ejecutados, siempre que éstos se hayan realizado con arreglo y sujeción al proyecto y condiciones generales particulares que rijan la construcción del edificio y obra aneja contratada.

Si el contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para utilizar la obra en las condiciones contratadas, el ingeniero director, en nombre y representación del propietario, las ordenará ejecutar a un tercero, o directamente por administración, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho el propietario.

Los precios de unidades de obra, así como los de los materiales o de mano de obra de trabajos, que no figuren entre los contratados, se fijarán contradictoriamente entre el ingeniero director y el contratista o su representante autorizado a estos efectos. El contratista los presentará descompuestos, siendo condición necesaria la presentación y la aprobación de estos precios, antes de proceder a la ejecución de las unidades de obra correspondientes. Si el contratista, antes de la firma del contrato, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá, bajo ningún pretexto de error u omisión, reclamar el aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirve de base para la ejecución de las obras.

Tampoco se le admitirá reclamación de ninguna especie fundada en indicaciones que, sobre las obras, se hagan en la memoria, por no ser este documento el que sirva de base a la contrata. Las equivocaciones materiales o errores aritméticos en las cantidades de obra en su importe, se corregirán en cualquier época que se observen, pero no se tendrán en cuenta a la hora de rescisión de contrato, sino en el caso e que el ingeniero director o el contratista los hubieran hecho notar dentro del plazo de cuatro meses contados desde la fecha de adjudicación. Las equivocaciones materiales no alterarán la baja proporcional hecha en la contrata, respecto del importe del presupuesto que ha de servir de base a la misma, pues esta baja se fijará siempre por la relación entre las cifras de dicho presupuesto, antes de las correcciones y de la cantidad ofrecida.

El contratista deberá percibir el importe de todas aquellas unidades de obra que haya ejecutado, con arreglo a sujeción a los documentos del proyecto, a las condiciones de la contrata y a las órdenes e instrucciones que, por escrito, entregue el ingeniero director, y siempre dentro de las cifras a que asciendan los presupuestos aprobados.

Tanto en las certificaciones como en la liquidación final, las obras serán, en todo caso, abonadas a los precios que para cada unidad de obra figuren en la oferta aceptada, a los precios contradictorios fijados en el transcurso de las obras, de acuerdo con lo previsto en el presente “Pliego de Condiciones Generales de índole económica” a estos efectos, así como respecto a las

partidas alzadas y obras accesorias y complementarias. En ningún caso, el número de unidades que se consigue en el proyecto o en el presupuesto podrá servir de fundamento para reclamaciones de ninguna especie.

En ningún caso podrá el contratista, alegando retraso en los pagos, suspender trabajos ni ejecutarlos a menor ritmo que el que les corresponda, con arreglo al plazo en que deban tramitarse. No se admitirán mejoras de obra, más que en el caso en el que el ingeniero director haya ordenado por escrito la ejecución de trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como la de los materiales y aparatos previstos en el contrato.

Tampoco se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, salvo caso de error en las mediciones del proyecto, a menos que el ingeniero director ordene, también por escrito, la ampliación de las contratadas. El contratista estará obligado a asegurar la instalación contratada, durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta la recepción definitiva, la cuantía del seguro coincidirá en cada momento, con el valor que tengan, por contrata, los objetos que tengan asegurados.

Si el contratista, siendo su obligación, no atiende a la conservación de la instalación durante el plazo de garantía, en el caso en el que el edificio no haya sido ocupado por el propietario, procederá a disponer de todo lo que sea preciso que se atienda al mantenimiento, limpieza y todo lo que fuera menester para su buena conservación, abonándose todo ello por cuenta de la contrata.

El ingeniero director se niega, de antemano, al arbitraje de precios, después de ejecutada la obra, en el supuesto que los precios base contratados no sean puestos en su conocimiento previamente a la ejecución de la obra.

### **1.3. CONDICIONES LEGALES.**

#### **1.3.1. Recepción de obras.**

Una vez terminadas las obras y hallándose éstas aparentemente en las condiciones exigidas, se procederá su recepción provisional dentro del mes siguiente a su finalización.

Al acto de recepción concurrirán un representante autorizado por la propiedad contratante, el Facultativo encargado de la Dirección de la Obra y el contratista, levantándose el acta correspondiente.

En caso de que las obras no se hallen en estado de ser recibidas se hará constar así en el acta y se darán las instrucciones precisas y detalladas por el Facultativo al contratista con el fin de remediar los defectos observados, fijándole plazo para efectuarlo, expirado el cual se hará un nuevo reconocimiento para la recepción provisional de las obras.

Si la contrata no hubiese cumplido se declarará resuelto el contrato con pérdida de fianza por no acatar la obra en el plazo estipulado, a no ser que la propiedad crea procedente fijar un nuevo plazo prorrogable.

El plazo de la garantía comenzará a contarse a partir de la fecha de la recepción provisional de la obra.

Al realizarse la recepción provisional de las obras deberá presentarse el contratista las pertinentes autorizaciones de los organismos oficiales de la provincia para el uso y puesta en servicio de las instalaciones que así lo requieran. No se efectuará esa recepción provisional de las obras, ni, como es lógico, la definitiva, si no se cumple este requisito.

Dentro del mes siguiente al cumplimiento del plazo de garantía, se procederá a la recepción definitiva de las obras. Si las obras se encontrasen en las condiciones debidas, se recibirán con carácter definitivo, levantándose el acta correspondiente, quedando por dicho acto el contratista relevado de toda responsabilidad, salvo la que pudiera derivarse por vicios ocultos de la construcción, debido al incumplimiento doloso del contrato.

Sin perjuicio de las garantías que expresamente se detallan en el pliego de cláusulas administrativas, el contratista garantiza en general todas las obras que ejecute, así como los materiales empleados en ellas y su buena manipulación.

El plazo de garantía será de un año, y durante este periodo el contratista corregirá los defectos observados, eliminará las obras rechazadas y reparará las averías que por dicha causa se produzcan, todo ello por su cuenta y sin derecho a indemnización alguna, ejecutándose en caso de resistencia dichas obras por la propiedad con cargo a la fianza.

El contratista garantiza la propiedad contra toda reclamación de tercera persona, derivada del incumplimiento de sus obligaciones económicas o disposiciones legales relacionadas con la obra. Una vez aprobada la recepción y liquidación definitiva de las obras, la propiedad tomará acuerdo respecto a la fianza depositada por el contratista. Tras la recepción definitiva de la obra, el contratista quedará relevado de toda responsabilidad salvo lo referente a los vicios ocultos de la construcción debidos al incumplimiento doloso del contrato por parte del empresario, de los cuales responderá en el término de 15 años.

Transcurrido este plazo quedará totalmente extinguida la responsabilidad. Con carácter previo a la ejecución de las unidades de obra, los materiales habrán de ser reconocidos y aprobados por la Dirección Facultativa. Si se hubiese efectuado su manipulación o colocación sin obtener dicha conformidad, deberán ser retirados todos aquellos que la citada dirección rechaza, dentro de un plazo de 30 días. El contratista presentará oportunamente muestras de cada clase de material para su aprobación por la dirección facultativa, las cuales conservará para efectuar en su día comparación o cotejo con los que se empleen en la obra. Siempre que la Dirección Facultativa lo estime necesario, serán efectuadas por cuenta de la contrata las pruebas o análisis que permitan apreciar las condiciones de los materiales a emplear.

### **1.3.2. Cargos al contratista.**

El contratista, de acuerdo con la Dirección Facultativa, entregará en el acto de la recepción provisional los planos de todas las instalaciones ejecutadas en la obra, con las modificaciones o estado definitivo en que hayan quedado. El contratista se compromete igualmente a entregar las autorizaciones que preceptivamente tienen que expedir las direcciones provinciales de industria, sanidad, etc., y autoridades locales, para la puesta en servicio de las referidas instalaciones.

Son también de cuenta del contratista todos los arbitrios, licencias municipales, vallas, alumbrado, multas, etc., que ocasionen las obras desde su inicio hasta su total terminación. El contratista durante el año que medie entre la recepción provisional y la definitiva, será el conservador del edificio, donde tendrá el personal suficiente para atender a todas las averías y reparaciones que puedan presentarse, aunque el establecimiento fuese ocupado o utilizado por la propiedad antes de la recepción definitiva.

Para todo aquello no detallado expresamente en los artículos anteriores, y en especial sobre las condiciones que deberán reunir los materiales que se empleen en obra, así como la ejecución de cada unidad de obra y las normas para su medición y valoración, regirá el Pliego de Condiciones Técnicas de la Dirección General de Arquitectura de 1960.

Se cumplimentarán todas las normas de la presidencia del Gobierno y Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo vigentes y las sucesivas que se publiquen en el transcurso de las obras.

### **1.3.3. Rescisión de contrato.**

Son causas de rescisión de contrato las siguientes:

a) La muerte o incapacidad del contratista.

b) La quiebra del contratista.

c) Las alteraciones del contrato por las causas siguientes:

- Modificación del Proyecto de tal forma que represente alteraciones fundamentales del mismo a juicio de la Dirección Facultativa, y en cualquier caso siempre que la variación del presupuesto de contrata, como consecuencia de éstas modificaciones represente en más o menos el 25% como mínimo del importe total.

- La modificación de unidades de obra, siempre que estas modificaciones representen variaciones en más o menos del 40% como mínimo de algunas de las unidades que figuran en las mediciones del Proyecto, o más de un 50% de unidades del Proyecto modificado.

d) La suspensión de obra comenzada, siempre que el plazo de suspensión

haya excedido de 6 meses.

e) La suspensión de obra comenzada y en todo caso, siempre que por causas ajenas a la contrata no dé comienzo a la obra dentro del plazo a 90 días a partir de la adjudicación, en este caso la devolución de la fianza será automática.

f) La inobservancia del plan cronológico de la obra, y en especial, el plazo de ejecución y terminación total de la obra.

g) El incumplimiento de las cláusulas contractuales en cualquier medida, extensión o modalidad siempre que, a juicio de la Dirección Técnica sea por descuido inexcusable o mala fe manifiesta.

h) La mala fe en la ejecución en los trabajos.

#### **1.3.4. Recepción de trabajos cuya contrata se hubiera rescindido.**

Se distinguen dos tipos de trabajos: los que hayan finalizado por completo y los incompletos.

Para los primeros existirán dos recepciones, provisional y definitiva, de acuerdo con todo lo estipulado en los artículos anteriores. Para los segundos, sea cual fuera el estado de adelanto en que se encuentran, sólo se efectuará una única y definitiva recepción y a la mayor brevedad posible.

#### **1.4. CONDICIONES TÉCNICAS.**

Todos los materiales a emplear en la presente obra serán de primera calidad y reunirán las condiciones exigidas en las condiciones generales de índole técnica prevista en el Pliego de Condiciones de Edificación de 1960 y demás disposiciones vigentes referentes a materiales y prototipos de construcción. Todos los materiales a que este capítulo se refiere podrán ser sometidos a los análisis o pruebas, por cuenta de la contrata, que sean necesarios para acreditar su calidad. Cualquier otro que haya sido especificado y sea necesario emplear deberá ser aprobado por la Dirección de Obras, bien entendido que será rechazado el que no reúna las condiciones exigidas por la buena práctica de la construcción. Los materiales no consignados en Proyecto que dieran lugar a precios contradictorios reunirán las condiciones de bondad necesarias, a juicio de la Dirección Facultativa, no teniendo el contratista derecho a reclamación alguna por estas condiciones exigidas.

Todos los trabajos incluidos en el presente Proyecto se ejecutarán esmeradamente, con arreglo a las buenas prácticas de la construcción, de acuerdo con las condiciones establecidas en el Pliego de Condiciones, y cumpliendo estrictamente las instrucciones recibidas por la Dirección Facultativa, no pudiendo, por tanto, servir de pretexto al contratista la baja subasta, para variar esa esmerada ejecución ni la primerísima calidad de las instalaciones proyectadas en cuanto a sus materiales y manos de obra, ni pretender proyectos adicionales.

## **CAPITULO 2. EXIGENCIAS DE SEGURIDAD.**

### **2.1. GENERALIDADES.**

De acuerdo con el Reglamento e Instrucciones Técnicas de las instalaciones de Calefacción, Climatización y Agua corriente Sanitaria, en la IT.IC.03 referente a las exigencias de seguridad, deberá ser cuidadosamente respetada. Tanto en lo que se refiere a aparatos e instalaciones, como el cálculo y concepción de los elementos de seguridad tales como vasos de expansión y las válvulas de seguridad. Además de aquellas exigencias que se especifiquen en cada Instrucción Técnica y de las señaladas a continuación, las calderas de vapor y demás aparatos y equipos a presión deberán cumplir las prescripciones de seguridad a que estén obligados por la legislación vigente.

Asimismo las instalaciones de combustible cumplirán los requisitos y exigencias de seguridad particulares que por razón de tales les sean exigidos por los reglamentos en vigor.

### **2.2. SUPERFICIES DE CALEFACCIÓN.**

Cualquiera que sea el tipo de calefacción, queda prohibido que las superficies calefactores accesibles normalmente al usuario tengan una temperatura superior a 90 °C, sin que estén protegidas contra contactos ocasionales.

Las partes móviles de los elementos situados en las habitaciones estarán protegidas para evitar accesibilidad involuntaria por parte de los usuarios. Cuando los aparatos fijos realicen la combustión en el interior de un local habitado, tendrán una salida de gases al exterior.

### **2.3. VÁLVULAS DE SEGURIDAD.**

Las calderas con vaso de expansión cerrado, equipos de producción de agua caliente sanitaria y en general, los circuitos de las instalaciones que no estén en contacto directo con la atmósfera, llevarán una válvula de seguridad que por descarga impidan que se creen sobrepresiones superiores a las de trabajo.

Igualmente es exigible esta válvula o tubo de seguridad en circuitos con expansión abierta cuando la presión hidrostática sobre calderas sea igual o superior a 35 m.c.a.

No es exigible la instalación de válvula de seguridad contra sobrepresiones, en los calentadores instantáneos de gas en los que existen unos dispositivos que impidan el funcionamiento del quemador cuando no haya circulación a través de aquellos. Según la instrucción técnica complementaria MIE-AP-1 Reglamentos de Aparatos a Presión en las que se especifica las características de las válvulas a seguridad de alivio para



instalaciones de circuito cerrado. Este reglamento exige una inspección a los cinco años, que en el caso de las válvulas de seguridad consistirá en:

- Las válvulas se desmontarán totalmente para comprobar que sus distintos elementos no presenten anomalías, y que en su parte interior esté limpio de acumulaciones de moho, incrustaciones o sustancias extrañas. Posteriormente se probarán estas válvulas con la caldera en funcionamiento y se verificará su disparo a la presión de precinto.'

## **2.4. DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD.**

La caldera llevará al menos dos termostatos que impidan que en ellas se creen temperaturas superiores a las de trabajo. Uno de los termostatos podrá servir de regulación al quemador y podrá ser de rearme automático. El otro, que deberá estar tarado a una temperatura ligeramente superior, será de rearme manual. En cualquier caso la instalación dispondrá de los dispositivos de seguridad necesarios que la protejan de incrementos de temperatura o presión, por encima de los de diseño, ante una parada accidental de las bombas de circulación, fallo del suministro eléctrico o en el agua de alimentación.

## **2.5. PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.**

En el proyecto y ejecución de las instalaciones se cumplirán además de las prescripciones generales establecidas en el Reglamento e Instrucciones Técnicas de las instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria, las disposiciones específicas de prevención, protección y lucha contra los incendios de ámbito nacional local que les sean de aplicación. En la instrucción técnica IC-022 se especifican las revisiones periódicas requeridas a realizar en los sistemas instalados, con el fin de mantenerlos en las adecuadas condiciones de servicio. En la sala de calderas en las que se utilicen combustibles sólidos, líquidos o gaseosos, deben disponer de al menos, dos extintores manuales por caldera. Uno será de CO<sub>2</sub> o polvo seco polivalente con una capacidad mínima de 5 Kg y 6 Kg respectivamente, y el otro de agua presurizada de 10 l de capacidad mínima.

## **2.6. INDICACIONES DE SEGURIDAD.**

En el interior y exterior de la sala de máquinas figurará un cartel con las siguientes indicaciones:

- Instrucciones claras y precisas para paro de la instalación, en caso de emergencia.
- Nombre, dirección y teléfono de la persona o entidad encargada de su mantenimiento.
- Dirección y teléfono del servicio de bomberos más próximo.

## **CAPITULO 3. EXIGENCIAS DE RENDIMIENTO Y AHORRO.**

### **3.1. GENERALIDADES.**

Las posibilidades de utilización eficaz de la energía dependen en gran parte del tipo de instalación que se proyecte y del sistema de regulación de que esté equipada, de las condiciones climáticas, de las características térmicas del edificio y del tipo de ocupación del mismo. Para ello deberá elegirse adecuadamente el sistema de calefacción o climatización y respetar las Instrucciones Técnicas en todos sus aspectos, especialmente en los que inciden en el consumo de energía, fraccionamiento de potencia, flexibilidad del servicio de la instalación, anulación del servicio en zonas o edificios no habitados, aislamiento térmico...

### **3.2. CONDICIONES AMBIENTALES.**

#### **3.2.1. Temperaturas de los locales.**

Quedan excluidos de cualquier tipo de calefacción, o climatización todos aquellos locales que no son normalmente habitados, tales como: garajes, trasteros, archivos no institucionales, rellanos de ascensores, cuartos varios de servicio...

Para los locales calefactados, la temperatura media interior no rebasará nunca los 20 °C-22 °C, a menos que las condiciones térmicas resultantes se obtengan sin gasto alguno de energía de tipo convencional.

#### **3.2.2. Humedad relativa de los locales.**

No se permitirá la utilización de sistemas con consumo de energía convencional para modificar la humedad relativa de los espacios interiores cuando este se mantenga en un valor al 30% en invierno. En ningún caso se podrá aplicar un proceso de precalentamiento con consumo de energía convencional para mantener en los locales humedades relativas inferiores al 65%.

### **3.3. SALA DE MÁQUINAS.**

#### **3.3.1. Idoneidad del combustible.**

Los elementos generadores de calor, calderas y quemadores utilizarán el combustible para el que fueron diseñados. Sólo se podrán utilizar otros combustibles cuando se mantengan los rendimientos especificados.

#### **3.3.2. Fraccionamiento de potencia.**

En orden a conseguir que el funcionamiento de producción de calor sea lo más cercano posible al régimen con rendimiento máximo, es necesario disponer de quemadores con escalonamiento de potencia y/o generadores en números, potencia y tipos adecuados a la demanda de energía térmica de la instalación a la que sirven. En cualquier caso, la suma de la potencia de los generadores se ajustará a la demanda máxima de la instalación. Los eventuales generadores de reserva quedarán del resto de la instalación por medio de válvulas.

Se ha escogido la instalación de una caldera de biomasa junto a una instalación térmica solar para que el rendimiento de éstas bajo todo tipo de condiciones sea el máximo. Cuando las condiciones de demanda sean máximas, se utilizarán los dos sistemas simultáneamente. En todos los casos, el proyectista deberá considerar especialmente la producción de agua caliente sanitaria, no permitiéndose en ningún caso que la potencia de un generador sea superior en más de 20% a la demanda máxima de dicho servicio.

### **3.4. AISLAMIENTO TÉRMICO.**

A efectos de ahorro de energía, deberán tenerse en cuenta las siguientes prescripciones establecidas en la IT.IC.19. Con el fin de evitar los consumos energéticos superfluos, los aparatos, equipos y conducciones que contengan fluidos a temperatura inferior a la ambiente o superior a 40 °C dispondrán de un aislamiento térmico para reducir las pérdidas de energía.

En cualquier caso, en toda instalación, las pérdidas térmicas horarias globales por el conjunto de conducciones que discurren por locales no calefactados, no superarán el 5% de la potencia útil instalada.

### **3.5. REGULACIÓN.**

Las instalaciones de calefacción estarán dotadas de los equipos de regulación necesarios que permitan ajustar los consumos de energía térmica a las variaciones de las cargas. Las instalaciones deberán disponer de los dispositivos necesarios para dejar fuera de servicio la totalidad o parte de la misma en función del régimen de ocupación.

Las instalaciones de viviendas unifamiliares estarán dotadas de, al menos, un dispositivo de regulación con un termostato situado en el local de mayor carga térmica o más característico. Los restantes locales tendrán dispositivos por lo menos manuales para modificar las aportaciones térmicas de la instalación incluso dejarla fuera de servicio. Se instalará en un lugar accesible un dispositivo de parada del generador, independiente del mando de impulsión si lo hubiese. Se recomienda dividir la instalación en dos zonas independientes, correspondiente a dormitorios y zona de día.

### **3.6. INTERRUPCIÓN DEL SERVICIO.**

En edificios de uso residencial como viviendas, residencia o similares, las instalaciones de calefacción, excepto en la zona climática con más de 1800 grados/día, en base 15-15, no podrán funcionar en el periodo comprendido entre las 22 h y las 7 h.

Las bombas de circulación de agua caliente sanitaria no podrán funcionar entre las 23 h y las 7 h, excepto que económica y técnicamente se justifique el mantenimiento de una temperatura mínima de ese periodo.

### **3.7. AGUA CALIENTE SANITARIA.**

#### **3.7.1. Contadores.**

Todas las instalaciones de producción centralizada de agua caliente sanitaria deberán estar equipadas con contadores de agua individuales de agua caliente por cada vivienda, o unidad de consumo. Se recomienda que esos contadores y sus llaves de corte, sean accesibles desde el exterior de las viviendas.

#### **3.7.2. Condiciones generales de producción.**

La preparación de agua corriente para usos sanitarios en instalaciones centralizadas se realizará con sistema de acumulación. La capacidad de acumulación deberá ser dimensionada con un tiempo de preparación de al menos tres horas. La instalación de grupos técnicos mixtos de generación de calor simultáneamente para calefacción y producción por acumulación de agua caliente sanitaria queda prohibida para potencias superiores a 50 kW. El agua caliente para usos sanitarios se preparará a una temperatura de aproximadamente 70-80 °C y retornará a una temperatura mínima de 50 °C a los depósitos acumuladores.

#### **3.7.3. Limitaciones al consumo de agua.**

A efectos de disminuir el consumo de agua, particularmente de agua caliente, el caudal de agua de los aparatos deberá limitarse a los siguientes valores:

<b>Tipo de habitación</b>	<b>(l/s)</b>
Lavabo	0,2
Bide	0,1
Inodoro	0,2
Bañera	0,3
Ducha	0,2
Fregadero	0,2
Lavadora	0,2
Lavaplatos	0,2

Siguiendo el nuevo Código Técnico de Edificación se tomarán para realizar los diferentes cálculos 30 litros por persona y día de A.C.S., siguiendo el criterio de demanda de las viviendas unifamiliares.

#### Litros ACS/día

Viviendas unifamiliares	30 por persona
<b>Viviendas Multifamiliares</b>	<b>22 por persona</b>
Hospitales y clínicas	55 por cama
Hotel****	70 por cama
Hotel***	55 por cama
Hotel/hostal**	40 por cama
Camping	40 por emplazamiento
Hostal/Pensión	35 por cama
Residencia(ancianos, estudiantes..)	55 por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15 por servicio
Escuelas	3 por alumno
Cuarteles	20 por persona
Fábricas y talleres	15 por persona
Administrativos	3 por persona
Gimnasios	20 a 25 por persona
Lavanderías	3 a 5 por persona
Restaurantes	5 a 10 por persona
Cafeterías	1 por almuerzo

Y a la hora de elegir el número de individuos de la vivienda lo haremos utilizando como valores mínimos los que se relacionan a continuación:

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	7	Más de 7
Número de personas	1,5	3	4	6	7	8	9	Nº de dormitorios

## CAPITULO 4. SALA DE MÁQUINAS.

### 4.1. GENERALIDADES.

Tendrá consideración de sala de máquinas todo local donde se halle instalada permanentemente maquinaria de producción de frío o calor. Los locales anexos comunicados a través de la sala de máquinas se consideran parte de la misma. Se denominará sala de calderas a aquellos espacios de la sala de máquinas en los que se encuentre ubicado el específico indicado. En el mismo local podrán ubicarse otros equipos auxiliares o accesorios de la

instalación, mientras expresamente no se reglamente lo contrario.

No tendrán consideración de sala de máquinas los locales en donde se sitúen las calderas para calefacción o ACS con potencia inferior a 50 kW. La instalación de los mismos deberá ajustarse a las prescripciones indicadas en las instrucciones técnicas referentes a los equipos correspondientes.

Las exigencias de la IT.IC.07 deberán considerarse como mínimas, debiendo cumplirse simultáneamente aquellas otras obligaciones que específicamente se exijan en otros reglamentos para determinados equipos o para combustibles específicos. La sala de máquinas no puede ser utilizada para otros fines, no podrán realizarse en ellas trabajos ajenos a los propios de la instalación. Se prohíbe la ubicación en la misma de depósitos de combustibles o el almacenamiento de los mismos, salvo lo expresado en la IT.IC.06.2.

## **4.2. INSTALACIÓN DE LA MAQUINARIA.**

Las instalaciones deberán ser perfectamente accesibles en todas sus partes de forma que pueden realizarse adecuadamente y sin peligro todas las operaciones de mantenimiento, vigilancia, conducción y particularmente:

- Los motores y sus transmisiones deberán estar suficientemente protegidos contra accidentes fortuitos del personal.
- Entre los distintos equipos y elementos situados en la sala de máquinas existirá el espacio mínimo recomendado por el fabricante, para poder efectuar las operaciones de mantenimiento, vigilancia o conducción requeridas. Concretamente para las calderas, este espacio será como mínimo de 70 cm. entre uno de los laterales de la caldera y la pared, y de 60 cm. entre el otro lateral y el fondo y las paredes de la sala. De 80 cm. será la distancia mínima entre el techo y la parte superior de la caldera. El espacio libre en el frontal, será igual a la profundidad de esta, con un mínimo de un metro, no pudiendo en este espacio existir ningún entorpecimiento de altura de 2 m o en una superior a 50 cm. a la caldera si ésta es más alta de 1,5 m.
- Deberán existir además suficientes pasos y accesos libres para permitir el movimiento sin riesgo o daño de aquellos equipos que deban de ser reparados fuera de la sala de máquinas.
- El cuadro eléctrico, con su interruptor general, deberá estar situado lo más cercano posible a la puerta de acceso, así como, en su caso, el interruptor del ventilador de extracción de aire.
- La conexión entre la caldera y la chimenea deberá de ser perfectamente accesible y permitirá el drenaje de los condensados y un tiro adecuado. El tiro, en casos excepcionales, podrá asegurarse mediante extracción mecánica.

## **4.3. LOCALES.**



La sala de máquinas deberá de tener las dimensiones suficientes para poder albergar a las instalaciones en las condiciones exigidas en el punto anterior y deberá además de cumplir las siguientes prescripciones:

- Estará dotada de los dispositivos de seguridad de corte de energía especificados en la IT.IC.03.5 y de los dispositivos de protección contra incendios, según la IT.IC.03.8
- Las paredes, suelo y techo no permitirán filtraciones de humedad, impermeabilizándolas en caso contrario.
- La iluminación de la sala de máquinas será suficiente para realizar con comodidad los trabajos de conducción e inspección de los equipos y elementos en ella situados. Esta iluminación se reforzará, cuando sea preciso, para poder apreciar sin necesidad de iluminación portátil las lecturas de los aparatos de regulación y control.
- La estructura del edificio, particularmente si es metálica, que quede dentro de la sala de máquinas, se protegerá contra el fuego y las altas temperaturas.

#### 4.4. VENTILACIÓN.

Toda sala de calderas deberá de contar con medios suficientes de ventilación al exterior. La ventilación podrá ser natural o forzada. Deberá asegurarse una aportación de aire exterior suficiente para la combustión, y para que la temperatura del ambiente no supere los 35 °C.

Deberá de preverse, como mínimo, una aportación de aire exterior de 20 Kg de aire, por cada kilogramo de combustible de aire utilizado. Esta aportación podrá realizarse mediante ventilación directa, natural o forzada:

- La ventilación directa desde el exterior, se realizará mediante aberturas con rejillas de protección a la intemperie de área libre mínima de 50 cm, por cada 10000 W de potencia nominal. Se recomienda utilizar más de una abertura, colocada en diferentes fachadas si es posible.
- La ventilación natural en el caso en el que el local no sea contiguo a zona al aire libre, pero pueda comunicarse con ella por medio de conductos de menos de 10 m. de recorrido horizontal, el área libre mínima de estos será, para conductos verticales 65 cm<sup>2</sup> por cada 10000 W y para conductos horizontales de 100 cm<sup>2</sup> por cada 10000 W. En cualquier caso las secciones se dividirán, como mínimo, en dos aberturas, una situada cerca del techo, y la otra cerca del suelo. Podrán practicarse estas aberturas, sin conductos, directamente a los otros locales siempre y cuando tengan una ventilación directa constante y no se utilicen como almacenes de materiales combustibles. Las aberturas deberán tener una sección total no menor de 200 cm<sup>2</sup>, por cada 10000 W de potencia nominal, e irán provistas de compuertas cortafuegos.

- La ventilación forzada, dispondrá de un ventilador de impulsión asegurados, como mínimo 0.45 l/s kW, enclavándolo con los quemadores. Para evitar retornos de aire a otros locales, se exige que la ventilación sea cruzada y permita el barrido de la sala de máquinas.

## **CAPITULO 5. CHIMENEAS Y CONDUCCIONES DE HUMOS.**

### **5.1. GENERALIDADES.**

Las chimeneas y conductos de humos cumplirán lo especificado en el Reglamento e Instrucciones de las instalaciones de calefacción y Agua Corriente Sanitaria y los que en su caso les sean exigibles por la Reglamentación sobre Protección Ambiental, Seguridad o Salubridad. La concepción y dimensiones de la chimenea serán tales que sean suficientes para crear la depresión indicada por el fabricante de la caldera, evacuando los gases a las velocidades indicadas en la IT.IC.08.3.

El conducto de humos será estanco y de material resistente a los humos y la temperatura indicada en la IT.IC.08.5. Los conductos de los humos no podrán ser utilizados para otros usuarios.

### **5.2. DISTANCIA DE LAS SALIDAS DE HUMOS A OTRAS CONDUCCIONES.**

Las bocas de las chimeneas estarán por lo menos a un metro por encima de las cubreras de los tejados, muros o cualquier otro obstáculo o estructura, distante menos de 10 metros. Las bocas de las chimeneas situadas a distancias comprendidas entre 10 y 50 metros de cualquier construcción deberán estar a nivel no inferior al del borde superior del hueco más alto que tenga la construcción más cercana. Estas distancias se tomarán sobre el plano horizontal que contiene la salida de humos libre de caperuzas, reducción u otros accesorios o remates que pudieran llevar.

### **5.3. CONCEPCIÓN Y DISEÑO.**

La sección del conducto de humos será circular, cuadrada, elíptica o triangular. En estos dos últimos casos, la relación entre sus ejes o lados más pequeños a sus ejes o lados más grandes, no será inferior a 2/3. Se preverá en la parte inferior del tramo vertical del conducto de humos el correspondiente registro de limpieza en fondo de saco y suficientes registros en tramos no verticales. Los conductos de unión del tubo de humos a caldera estarán colocados de manera que sean fácilmente desmontables de ésta y preferentemente metálicos. La unión estará soportada rígidamente y las uniones entre diversos trozos de ella, aseguradas mecánicamente, siendo además estancas. Se evitará la formación de bolsas de gas mediante una

disposición conveniente de los canales y conductos de humos y se preverá la evacuación de condensados.

#### **5.4. DIMENSIONAMIENTO.**

La sección de los conductos de humo en su recorrido estará calculada de acuerdo con el volumen de gases previsible, quedando prohibidos los cambios bruscos de sección. En la correspondiente recomendación Técnica de cálculo se dará un método para el dimensionado, pero en cualquier caso se respetarán las velocidades mínimas de humos por chimeneas establecido en la IT.IC.08.3.

#### **5.5. CONSTRUCCIÓN.**

La chimenea no irá atravesada por elementos ajenos a la misma (elementos resistentes, tuberías de instalaciones, etc.) No podrán utilizarse como parámetros constructivos de la chimenea ningún paramento del edificio. El conducto de humos estará aislado térmicamente de modo que la resistencia térmica del conjunto, conducto-caja sea tal que la temperatura en la superficie de la pared no sea 5 °C, por encima de la temperatura ambiente de proyecto de local y en ningún caso superior a 28 °C. La localización de este aislamiento térmico se hará sobre el conducto para evitar el enfriamiento de los gases. Se cuidará la estanqueidad de la caja donde va alojado el conducto o conductos de humo, en especial en los encuentros con forjados, cubierta etc. La estructura del conducto de humo será independiente de la obra y de la caja, a las que irá unida únicamente a través de soportes, preferentemente metálicos que permitan la libre dilatación de la chimenea. Cuando atraviesen fachadas o tabiques, lo harán por medio de manguitos, de diámetros superiores en 4 cm. a los del tubo y relleno el espacio entre ambos con materiales resistentes al fuego.

#### **5.6. MATERIALES.**

El material del conducto de humos será resistente a los humos, al calor y a posibles corrosiones ácidas que se puedan formar. Podrán ser de materiales refractarios o de hormigón resistente a los ácidos, de material cerámico o de acero inoxidable o de otro material idóneo.

### **CAPITULO 6. FONTANERIA.**

#### **6.1. CRITERIOS DE MEDICIÓN Y VALORACIÓN DE UNIDADES.**

Las tuberías y aislamientos se medirán y valorarán por metro lineal de longitud de iguales características, sin descontar los elementos intermedios como válvulas, accesorio, etc., todo ello completamente colocado e

incluyendo la parte proporcional de accesorios, manguitos, soporte, etc. para tuberías, y la protección cuando exista para los aislamientos.

El resto de componentes de la instalación se medirán por unidad totalmente colocada y comprobada incluyendo todos los accesorios y conexiones necesarios para su correcto funcionamiento.

## 6.2. PRESCRIPCIONES SOBRE LOS PRODUCTOS.

Productos constituyentes: llaves de paso, tubos, válvulas antirretorno, filtro, armario o arqueta del contador general, marco y tapa, contador general, depósito auxiliar de alimentación, grupo de presión, depósitos de presión, local de uso exclusivo para bombas, válvulas limitadoras de presión, sistemas de tratamiento de agua, batería de contadores, contadores divisionarios, colectores de impulsión y retorno, bombas de recirculación, aislantes térmicos, etc.

- Red de agua fría.

Atenderá a las prescripciones del CTE DB HS 4 apartado 3.2.1.

- Instalaciones de agua caliente sanitaria.

Atenderá a las prescripciones del CTE DB HS 4 apartado 3.2.2.

- Tubos

Material. Diámetro nominal, espesor nominal y presión nominal. Serie o tipo de tubo y tipo de rosca o unión. Marca del fabricante y año de fabricación. Norma UNE a la que responde.

No se permite cambio alguno del tipo de tubería prescrita sin el previo consentimiento expreso de la dirección facultativa.

Las normas UNE que corresponden a las tuberías de más frecuente aplicación, son:

Tubos de polietileno (PE), según Normas UNE EN 12201:2003

Tubos de polietileno reticulado (PE-X), según Norma UNE EN ISO 15875:2004

Tubos de polibutileno (PB), según Norma UNE EN ISO 15876:2004

Tubos de polipropileno (PP) según Norma UNE EN ISO 15874:2004

- Griferías

Materiales. Defectos superficiales. Marca del fabricante o del importador sobre el cuerpo o sobre el órgano de maniobra. Grupo acústico y clase de caudal.

- Accesorios.

Grapa o abrazadera: será siempre de fácil montaje y desmontaje, así como aislante eléctrico.

Sistemas de contabilización de agua fría: los contadores de agua deberán fabricarse con materiales que posean resistencia y estabilidad adecuada al uso al que se destinan, también deberán resistir las corrosiones.

Todos los materiales utilizados en los tubos, accesorios y componentes de la red, incluyendo también las juntas elásticas y productos usados para la estanqueidad, así como los materiales de aporte y fundentes para soldaduras, cumplirán las condiciones y requisitos del apartado 2 de HS 4.

- Aislamiento térmico

El aislamiento térmico de las tuberías utilizado para reducir pérdidas de calor, evitar condensaciones, se realizará con coquillas resistentes a la temperatura de aplicación. Los materiales utilizados como aislante térmico que cumplan la norma UNE 100 171:1989 se considerarán adecuados para soportar altas temperaturas.

- Válvulas y llaves

El material de válvulas y llaves no será incompatible con las tuberías en que se intercalen. El cuerpo de la llave ó válvula será de una sola pieza de fundición o fundida en bronce, latón, acero, acero inoxidable, aleaciones especiales o plástico. Solamente pueden emplearse válvulas de cierre por giro de 90° como válvulas de tubería si sirven como órgano de cierre para trabajos de mantenimiento.

Se dispondrá de la documentación de suministro en todos los casos, comprobando que coincide lo suministrado en obra con lo indicado en el proyecto y las normas UNE que sea de aplicación de acuerdo con el CTE.

Las piezas que hayan sufrido daños durante el transporte o que presentaren defectos no apreciados en la recepción en fábrica serán rechazadas. Asimismo serán rechazados aquellos productos que no cumplan las características técnicas mínimas que deban reunir.

### **6.3. PRESCRIPCIÓN EN CUANTO A LA EJECUCIÓN POR UNIDADES DE OBRA.**

#### **6.3.1. Características técnicas de cada unidad de obra.**

- *Condiciones previas: soporte*

El soporte serán los paramentos horizontales y verticales, donde la instalación podrá disponerse vista, registrable o empotrada.

Las tuberías ocultas o empotradas discurrirán preferentemente por patinillos o cámaras de fábrica, realizados al efecto o prefabricados, techos o suelos técnicos. Si esto no fuera posible, discurrirán por rozas realizadas en paramentos de espesor adecuado, debiendo cumplir las rozas con las prescripciones geométricas contenidas en el presente pliego.

Las instalaciones sólo podrán ser ejecutadas por empresas instaladoras que cumplan con la reglamentación vigente en su ámbito de actuación.

Revisión de documentación: certificados, boletines y documentación adicional exigida por la Administración competente.

- *Compatibilidad entre los productos, elementos y sistemas constructivos*

Para prevenir el fenómeno electroquímico de la corrosión galvánica entre metales con diferente potencial, se adoptarán las medidas adecuadas de aislamiento y protección del contacto entre ambos, de forma que además de aislar eléctricamente metales con diferente potencial, se evite el acceso de agua y oxígeno a la zona de unión en los puntos de contacto entre ambos.

Se evitará el acoplamiento de tuberías y elementos de metales con diferentes valores de potencial electroquímico excepto cuando según el sentido de circulación del agua se instale primero el de menor valor, atendiendo al CTE DB HS 4, apartado 6.3.2.1.

Excepcionalmente, por requisitos insalvables de la instalación, se admitirá el uso de manguitos antielectrolíticos, de material plástico, en la unión de accesorios de cobre y de acero galvanizado. Se autoriza el acoplamiento de cobre después de acero galvanizado, montando una válvula de retención entre ambas tuberías.

En las vainas pasamuros, se interpondrá un material plástico para evitar contactos inconvenientes entre distintos materiales.

Los componentes metálicos de la instalación se protegerán contra la agresión de todo tipo de morteros, del contacto con el agua en su superficie exterior y de la agresión del terreno mediante la interposición de un elemento separador de material adecuado e instalado de forma continua en todo el perímetro de los tubos y en toda su longitud, no dejando juntas de unión de dicho elemento que interrumpan la protección e instalándolo igualmente en todas las piezas especiales de la red, tales como codos, curvas, atendiendo al CTE DB HS 4, apartado 5.1.1.3.1.

Toda conducción exterior y al aire libre se protegerá.

Si las tuberías y accesorios están concebidos como partes de un mismo sistema de instalación, éstos no se mezclarán con los de otros sistemas.

Los materiales que se vayan a utilizar en la instalación, en relación con su afectación al agua que suministre no deben presentar incompatibilidad electroquímica entre sí.

El material de válvulas y llaves no será incompatible con las tuberías en



que se intercalen.

No podrán emplearse para las tuberías ni para los accesorios, materiales que puedan producir concentraciones de sustancias nocivas que excedan los valores permitidos por el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero.

Cuando los tubos discurren enterrados o empotrados los revestimientos que tendrán serán según el material de los mismos:

Para tubos de acero, revestimiento de polietileno, bituminoso, de resina epoxídica o con alquitrán de poliuretano.

Para tubos de cobre, revestimiento de plástico.

Para tubos de fundición, revestimiento de película continua de polietileno, de resina epoxídica, con betún, con láminas de poliuretano o con zincado con recubrimiento de cobertura.

### 6.3.2. Proceso de ejecución.

#### - Ejecución

La ejecución de las redes de tuberías atenderá al CTE DB HS 4, apartado 5.1.1.1:

Cuando discurran por conductos, éstos estarán debidamente ventilados y contarán con un adecuado sistema de vaciado. El trazado de las tuberías vistas se efectuará en forma limpia y ordenada. Si estuvieran expuestas a cualquier tipo de deterioro por golpes o choques fortuitos, deberán protegerse adecuadamente. Las conducciones no deben ser instaladas en contacto con el terreno, disponiendo siempre de un adecuado revestimiento de protección.

#### Uniones y juntas:

Las uniones de los tubos serán estancas, atendiendo al CTE DB HS 4, apartado 5.1.1.2. Las uniones de tubos resistirán adecuadamente la tracción. Son admisibles las soldaduras fuertes. En las uniones tubo-acesorio se observarán las indicaciones del fabricante.

#### Protecciones:

Se considerará la posible formación de condensaciones en la superficie exterior de las tuberías y se dispondrá un elemento separador de protección, no necesariamente aislante pero si con capacidad de actuación como barrera antivapor, atendiendo al CTE DB HS 4, apartado 5.1.1.3.2.

Cuando una tubería haya de atravesar cualquier paramento del edificio u otro tipo de elemento constructivo que pudiera transmitirle esfuerzos perjudiciales de tipo mecánico, lo hará dentro de una funda circular, de mayor diámetro y suficientemente resistente. Cuando en instalaciones vistas, el paso se produzca en sentido vertical, el pasatubo sobresaldrá al menos 3 cm por el lado en que pudieran producirse golpes ocasionales, con el fin de proteger al tubo. Igualmente, si se produce un cambio de sentido,

éste sobresaldrá como mínimo una longitud igual al diámetro de la tubería más 1 cm. Cuando la red de tuberías atraviese, en superficie o de forma empotrada, una junta de dilatación constructiva del edificio, se instalará un elemento o dispositivo dilatador, atendiendo al CTE DB HS 4, apartado 5.1.1.3.4.

A la salida de las bombas se instalarán conectores flexibles que actúen de protección contra el ruido, atendiendo al CTE DB HS 4, apartado 5.1.1.3.5.

Grapas y abrazaderas: la colocación de grapas y abrazaderas para la fijación de los tubos a los paramentos se hará de forma tal que los tubos queden perfectamente alineados con dichos paramentos, guarden las distancias exigidas y no transmitan ruidos y/o vibraciones al edificio, atendiendo al CTE DB HS 4, apartado 5.1.1.4.1.

Se dispondrán los soportes de manera que el peso de los tubos cargue sobre éstos y nunca sobre los propios tubos o sus uniones. No podrán anclarse en ningún elemento de tipo estructural, salvo que en determinadas ocasiones no sea posible otra solución, atendiendo al CTE DB HS 4, apartado 5.1.1.4.2.

La cámara o arqueta de alojamiento del contador general estará construida de tal forma que una fuga de agua en la instalación no afecte al resto del edificio. A tal fin, estará impermeabilizada y contará con un desagüe en su piso o fondo que garantice la evacuación del caudal de agua máximo previsto en la acometida. Las superficies interiores de la cámara o arqueta, cuando ésta se realice “in situ”, se terminarán adecuadamente mediante un enfoscado, bruñido y fratasado, sin esquinas en el fondo, que a su vez tendrá la pendiente adecuada hacia el sumidero. Si la misma fuera prefabricada cumplirá los mismos requisitos de forma general. En cualquier caso, contará con la pre-instalación adecuada para una conexión de envío de señales para la lectura a distancia del contador. Las cámaras o arquetas estarán cerradas con puertas capaces de resistir adecuadamente tanto la acción de la intemperie como posibles esfuerzos mecánicos derivados de su utilización y situación. En las mismas, se practicarán aberturas que posibiliten la necesaria ventilación de la cámara, atendiendo al CTE DB HS 4, apartado 5.1.2.1.

Los contadores divisionarios aislados se alojarán en cámara, arqueta o armario según las distintas posibilidades de instalación y cumpliendo los requisitos establecidos para el contador general en cuanto a sus condiciones de ejecución, atendiendo al CTE DB HS 4, apartado 5.1.2.2.

El depósito auxiliar de alimentación para grupo de sobre elevación será fácilmente accesible así como fácil de limpiar. Contará en cualquier caso con tapa y ésta ha de estar asegurada contra deslizamiento y disponer en la zona más alta de suficiente ventilación y aireación. Habrá que asegurar todas las uniones con la atmósfera contra la entrada de animales e inmisiones nocivas con sifón para el rebosado. Estarán, en todos los casos, provistos de un rebosadero. Se dispondrá, en la tubería de alimentación al depósito, de uno o varios dispositivos de cierre. Dichos dispositivos serán válvulas pilotadas. En el caso de existir exceso de presión habrá de

interponerse, antes de dichas válvulas, una que limite dicha presión con el fin de no producir el deterioro de las anteriores. La centralita dispondrá de un hidronivel. Se dispondrá de los mecanismos necesarios que permitan la fácil evacuación del agua contenida en el depósito, para facilitar su mantenimiento y limpieza. Asimismo, se construirán y conectarán de manera que el agua se renueve por su propio modo de funcionamiento evitando siempre la existencia de agua estancada, atendiendo al CTE DB HS 4, apartado 5.1.3.1.1.

Las bombas para grupo de sobre elevación se montarán sobre bancada de hormigón u otro tipo de material que garantice la suficiente masa e inercia del conjunto e impida la transmisión de ruidos y vibraciones al edificio. Entre la bomba y la bancada irán interpuestos elementos antivibratorios adecuados al equipo a instalar, sirviendo estos de anclaje del mismo a la citada bancada. A la salida de cada bomba se instalará un manguito elástico. Igualmente, se dispondrán llaves de cierre, antes y después de cada bomba. Las bombas de impulsión se instalarán preferiblemente sumergidas, atendiendo al CTE DB HS 4, apartado 5.1.3.1.2.

El depósito de presión estará dotado de un presostato con manómetro, tarado a las presiones máxima y mínima de servicio, haciendo las veces de interruptor, comandando la centralita de maniobra y control de las bombas. Los valores correspondientes de reglaje han de figurar de forma visible en el depósito. En equipos con varias bombas de funcionamiento en cascada, se instalarán tantos presostatos como bombas se desee hacer entrar en funcionamiento. El depósito de presión dispondrá de una válvula de seguridad, situada en su parte superior, con una presión de apertura por encima de la presión nominal de trabajo e inferior o igual a la presión de timbrado del depósito. Si se instalaran varios depósitos de presión, estos pueden disponerse tanto en línea como en derivación, atendiendo al CTE DB HS 4, apartado 5.1.3.1.3.

Se preverá una derivación alternativa (by-pass) para el funcionamiento alternativo del grupo de presión convencional, atendiendo al CTE DB HS 4, apartado 5.1.3.2. Esta derivación llevará incluidas una válvula de tres vías motorizada y una válvula antiretorno posterior a ésta. El accionamiento de la válvula también podrá ser manual. Cuando existan baterías mezcladoras, se instalará una reducción de presión centralizada. Asimismo, se dispondrá de un racor de conexión para la instalación de un aparato de medición de presión o un puente de presión diferencial. El filtro ha de instalarse antes del primer llenado de la instalación, y se situará inmediatamente delante del contador según el sentido de circulación del agua. En la ampliación de instalaciones existentes o en el cambio de tramos grandes de instalación, es conveniente la instalación de un filtro adicional en el punto de transición. Sólo se instalarán aparatos de dosificación conformes con la reglamentación vigente.

- *Condiciones de terminación*

La instalación se entregará terminada, conectada y comprobada.

### 6.3.3. Control de ejecución, ensayos y pruebas.

#### - *Control de ejecución*

Instalación general del edificio.

Acometida: tubería de acometida atraviesa el muro por un orificio con pasatubos rejuntado e impermeabilizado. Llave de registro (exterior al edificio). Llave de paso, alojada en cámara impermeabilizada en el interior del edificio.

Contador general: situación del armario o cámara; colocación del contador, llaves y grifos; diámetro y recibido del manguito pasamuros.

Llave general: diámetro y recibido del manguito pasamuros; colocación de la llave.

Tubo de alimentación y grupo de presión: diámetro; a ser posible aéreo.

Grupo de presión: marca y modelo especificado

Depósito hidroneumático: homologado por el Ministerio de Industria.

Equipo de bombeo: marca, modelo, caudal, presión y potencia especificados. Llevará válvula de asiento a la salida del equipo y válvula de aislamiento en la aspiración. Fijación, que impida la transmisión de esfuerzos a la red y vibraciones.

Batería de contadores divisionarios: local o armario de alojamiento, impermeabilizado y con sumidero sifónico. Colocación del contador y llave de paso. Separación de otras centralizaciones de contadores (gas, electricidad...) Fijación del soporte; colocación de contadores y llaves.

Instalación particular del edificio.

Montantes:

Grifos para vaciado de columnas, cuando se hayan previsto.

En caso de instalación de antiarrietes, colocación en extremos de montantes y con llave de corte.

Diámetro y material especificados (montantes).

Pasatubos en muros y forjados, con holgura suficiente.

Posición paralela o normal a los elementos estructurales.

Comprobación de las separaciones entre elementos de apoyo o fijación.

Derivación particular:

Canalizaciones a nivel superior de los puntos de consumo.

Llaves de paso en locales húmedos.

Distancia a una conducción o cuadro eléctrico mayor o igual a 30 cm.

Diámetros y materiales especificados.

Tuberías de PVC, condiciones especiales para no impedir la dilatación.

Tuberías de acero galvanizado empotradas, no estarán en contacto con yeso o mortero mixto.

Tuberías de cobre recibidas con grapas de latón. La unión con galvanizado mediante manguitos de latón. Protección, en el caso de ir empotradas.

Prohibición de utilizar las tuberías como puesta a tierra de aparatos eléctricos.

Grifería:

Verificación con especificaciones de proyecto.

Colocación correcta con junta de aprieto.

Calentador individual de agua caliente y distribución de agua caliente:

Cumple las especificaciones de proyecto.

Calentador de gas. Homologado por Industria. Distancias de protección. Conexión a conducto de evacuación de humos. Rejillas de ventilación, en su caso.

Termo eléctrico. Acumulador. Conexión mediante interruptor de corte bipolar.

En cuartos de baño, se respetan los volúmenes de prohibición y protección.

Disposición de llaves de paso en entrada y salida de agua de calentadores o termos.

#### - *Ensayos y pruebas*

Pruebas de las instalaciones interiores.

Prueba de resistencia mecánica y estanquidad de todas las tuberías, elementos y accesorios que integran la instalación, estando todos sus componentes vistos y accesibles para su control. Una vez realizada la prueba anterior a la instalación se le conectarán la grifería y los aparatos de consumo, sometiéndose nuevamente a la prueba anterior.

En caso de instalaciones de ACS se realizarán las siguientes pruebas de funcionamiento:

Medición de caudal y temperatura en los puntos de agua.

Obtención de los caudales exigidos a la temperatura fijada una vez abiertos el número de grifos estimados en la simultaneidad.

Comprobación del tiempo que tarda el agua en salir a la temperatura de funcionamiento una vez realizado el equilibrado hidráulico de las distintas ramas de la red de retorno y abiertos uno a uno el grifo más alejado de cada uno de los ramales, sin haber abierto ningún grifo en las últimas 24 horas.

Serán motivo de rechazo las siguientes condiciones:

Medidas no se ajustan a lo especificado.

Colocación y uniones defectuosas.

Estanquidad: ensayados el 100% de conductos y accesorios, se rechazará la instalación si no se estabiliza la presión a las dos horas de comenzada la prueba.

Funcionamiento: ensayados el 100% de grifos, fluxores y llaves de paso de la instalación, se rechazará la instalación si se observa funcionamiento deficiente en: estanquidad del conjunto completo, aguas arriba y aguas abajo del obturador, apertura y cierre correctos, sujeción mecánica sin holguras, movimientos ni daños al elemento al que se sujeta.

#### **6.3.4. Conservación y mantenimiento durante la obra.**

Las acometidas que no sean utilizadas inmediatamente tras su terminación o que estén paradas temporalmente, deben cerrarse en la conducción de abastecimiento. Las acometidas que no se utilicen durante un año deben ser taponadas.

Se procederá a la limpieza de filtros de grifos y de cualquier otro elemento que pueda resultar obstruido antes de la entrega de la obra.

Sistemas de tratamiento de agua.

Los productos químicos utilizados en el proceso deben almacenarse en condiciones de seguridad en función de su naturaleza y su forma de utilización. La entrada al local destinado a su almacenamiento debe estar dotada de un sistema para que el acceso sea restringido a las personas autorizadas para su manipulación.

#### **6.4. PRESCRIPCIONES SOBRE VERIFICACIONES EN EL EDIFICIO TERMINADO.**

- *Verificaciones y pruebas de servicio para comprobar las prestaciones finales del edificio*

Instalación general del edificio.

Prueba hidráulica de las conducciones:

Prueba de presión

Prueba de estanquidad

Grupo de presión: verificación del punto de tarado de los presostatos.

Nivel de agua/ aire en el deposito.

Lectura de presiones y verificaciones de caudales.

Comprobación del funcionamiento de válvulas.

Instalaciones particulares.  
Prueba hidráulica de las conducciones:  
Prueba de presión  
Prueba de estanquidad  
Prueba de funcionamiento: simultaneidad de consumo.  
Caudal en el punto más alejado.

## **CAPITULO 7. PRESCRIPCIONES GENERALES DE LA INSTALACIÓN.**

### **7.1. GENERALIDADES.**

Las instalaciones se realizarán teniendo en cuenta la práctica normal conveniente a obtener un buen funcionamiento durante el periodo de vida que se les puede atribuir, siguiendo en general las instrucciones de los fabricantes de la maquinaria. La instalación será especialmente cuidada en aquellas zonas en que, una vez montados los aparatos, sea de difícil reparación cualquier error cometido en el montaje, o en las zonas en que las reparaciones obligasen a realizar trabajos de albañilería.

El montaje de la instalación se ajustará a los planos y condiciones del proyecto. Cuando en la obra sea necesario hacer modificaciones en estos planos o condiciones, se solicitará el permiso del Director de Obra. Igualmente, la sustitución por otros aparatos indicados en el proyecto y oferta, deberá ser aprobada por el director de obra. Durante la instalación de la maquinaria, el instalador protegerá debidamente todos los aparatos y accesorios, colocando tapones o cubiertas en las tuberías que vayan a quedar abiertas durante un tiempo. Una vez terminado el montaje, se procederá a una limpieza general de todo el equipo, tanto interna como externamente. La limpieza interior de baterías, calderas, tuberías, etc. se realizará con disoluciones químicas para eliminar el aceite y la grasa principalmente. Todas las válvulas, motores, aparatos, etc. se montarán de forma que sean fácilmente accesibles para su conservación, reparación o sustitución. Los envoltentes metálicos o protecciones asegurarán firmemente, pero, al mismo tiempo serán fácilmente desmontables. Su construcción y sujeción serán tales que no se produzcan vibraciones o ruidos molestos. Se recomienda que los aparatos de medida lleven indicados los valores en los que normalmente se han de mover los valores medidos por ellos.

Las conducciones estarán identificadas mediante colores normalizados UNE, con indicaciones del sentido del flujo del fluido que circula por ellas. La concepción de la red general de distribución de agua, será tal que pueda permitirse dejar de suministrar a determinadas zonas o partes de los consumidores sin que quede afectado el servicio del resto, y efectuar reparaciones en circuitos parciales sin anular el servicio del resto.



## **7.2. CONEXIONES A APARATOS.**

Las conexiones de los aparatos y equipos a las redes de tuberías, se harán de forma que no exista interacción mecánica entre aparato y tubería, exceptuando las bombas en línea, y no debiendo transmitirse al equipo ningún esfuerzo mecánico a través de la conexión procedente de la tubería. Toda conexión será realizada de tal manera que pueda ser fácilmente desmontable para sustitución o reparación del equipo o aparato. Los escapes de vapor de agua, estarán orientados en condiciones tales que no puedan ocasionar accidentes. Las válvulas de seguridad de cualquier tipo de caldera deberán estar dispuestas de forma que por medio de canalización adecuada, el vapor o agua que por ellas pueda salir, sea conducido directamente a la atmósfera, debiendo de ser visible su salida en la sala de máquinas.

## **7.3. CANALIZACIONES.**

### **7.3.1. Normas generales.**

Las tuberías estarán instaladas de forma que su aspecto sea limpio y ordenado, dispuestas en líneas paralelas a una escuadra con los elementos estructurales del edificio o con tres ejes perpendiculares entre sí.

Las tuberías horizontales, en general, deberán estar colocadas lo más próximas al techo o al suelo, dejando espacio suficiente para manipular el aislamiento térmico. La holgura entre estas, y los parámetros, una vez colocado el aislamiento necesario no será inferior a tres cm. La accesibilidad será tal que pueda manipularse o sustituirse una tubería sin tener que desmontar el resto.

En ningún momento se debilitará un elemento estructural para poder colocar la tubería, sin autorización expresa del Director de Obra de edificación. Las tuberías conectadas a las bombas en línea se soportarán en las inmediaciones de las bombas de forma que no provoquen esfuerzos recíprocos. El diámetro de las tuberías de acoplamiento no podrá ser nunca inferior al diámetro de la boca de aspiración de la bomba. La conexión de las tuberías a las bombas no podrá provocar esfuerzos recíprocos de torsión o flexión.

### **7.3.2. Curvas.**

En los tramos curvos, los tubos no presentarán garrotas y otros defectos análogos, ni aplastamientos y otras deformaciones en su sección transversal. Siempre que sea posible, las curvas se realizarán por cintrado de los tubos, o con piezas curvas, evitando la utilización de los codos. Los cintrados de los tubos, hasta 50 mm., se podrán hacer en frío, realizándose el resto en caliente. En ningún caso, la sección de las tuberías en sus tramos curvos será inferior a la sección en sus tramos rectos.

### 7.3.3. Alineaciones.

En las alineaciones rectas, las desviaciones serán inferiores al dos por mil.

### 7.3.4. Pendientes.

Las tuberías de agua caliente irán colocadas de manera que no se formen en ellas bolsas de agua. Para la evacuación automática del aire hacia el vaso de expansión o hacia los purgadores, los tramos horizontales deberán tener una pendiente mínima del 0.2 %. Cuando debido a las características de la obra haya que reducir la pendiente, se utilizará el diámetro de tubería inmediatamente superior al necesario. La pendiente será ascendente hacia el vaso de expansión o hacia los purgadores, y con preferencia en sentido de circulación del agua.

### 7.3.5. Anclajes y suspensiones.

Los apoyos de las tuberías, en general serán los suficientes para que, una vez calorifugadas, no se produzcan flechas superiores al 2 por 1000, no ejerzan esfuerzo alguno sobre elementos o aparatos a que estén unidos, como calderas, intercambiadores, bombas, etc. La sujeción se hará con referencia en los puntos fijos y partes centrales de los tubos, dejando libres zonas de posible movimiento tales como curvas. Cuando por razones de diversa índole, sea conveniente evitar desplazamientos no convenientes para el funcionamiento correcto de la instalación, tales como desplazamiento transversales o giros en uniones, en estos puntos se pondrá un elemento de guiado. Los elementos de sujeción y guiado permitirán la libre dilatación de la tubería, y no perjudicarán el aislamiento de la misma. Las distancias entre soportes para tuberías de cobre serán como máximo las indicadas a continuación:

- En tramos verticales: Para diámetros de menos de 10 mm será de 1,8 m y para diámetros entre 12 y 20 mm será de 2,4 m.
- En tramos horizontales: Para diámetros de menos de 10 mm será de 1,2 m y para diámetros entre 12 y 20 mm será de 1,8 m. Los soportes de madera o alambre serán admisibles únicamente durante la colocación de la tubería, pero deberán ser sustituidos por las piezas indicadas en estas prescripciones.

Los soportes tendrán la forma adecuada para ser anclados a la obra de fábrica o a dados situados en el suelo. Se evitará anclar la tubería a paredes con espesor menor de 8 cm., pero en el caso en que fuese preciso, los soportes irán colocados a la pared por medio de tacos de madera u otro material apropiado. Los soportes en las canalizaciones verticales sujetarán la tubería en todo su contorno. Serán desmontables para permitir después de

estar anclados colocar o quitar la tubería, con un movimiento incluso perpendicular al eje de la misma. Cuando exista peligro de corrosión de los soportes de las tuberías enterradas, éstos y las guías deberán de ser de materiales resistentes a la corrosión o estar protegidos contra la misma.

La tubería estará anclada de modo que los movimientos sean absorbidos por las juntas de dilatación y por la propia flexibilidad del trazado de la tubería. Los anclajes serán lo suficientemente robustos para resistir cualquier empuje normal. Es aconsejable que sean galvanizados y se evitará que cualquier parte metálica del anclaje esté en contacto con el suelo de una galería de conducción.

Los colectores se soportarán debidamente y en ningún caso deben descansar sobre generadores u otros aparatos. Queda prohibido el soldado de la tubería a los soportes o elementos de sujeción o anclaje.

### **7.3.6. Pasos por humos, tabiques, forjados, etc.**

Cuando las tuberías pasen a través de muros, tabiques, forjados... se dispondrán manguitos protectores que dejen espacio libre alrededor de la tubería, debiéndose rellenar este espacio de una materia plástica. Si la tubería va aislada no se interrumpirá el aislamiento en el manguito. Los manguitos deberán sobresalir al menos 3 mm. de la parte posterior de los pavimentos.

### **7.3.7. Uniones.**

Los tubos tendrán la mayor longitud posible, con objeto de reducir al mínimo el número de uniones.

Las uniones se realizarán por medio de piezas de unión, manguitos o curvas, de fundición maleable, bridas o soldaduras. Los manguitos de reducción de tramos horizontales, serán excéntricos y enrasados por la generatriz superior. En las uniones soldadas en tramos horizontales, los tubos se enrasarán por su generatriz superior para evitar la formación de bolsas de aire. Antes de facturar la unión, se repasarán las tuberías para eliminar las rebabas que pueden haberse formado al cortar o aterrajear los tubos. Cuando las uniones se hagan con bridas se interpondrá entre ellas una junta de amianto. Al realizar la unión entre dos tuberías no se forzarán estas, sino que deberán haberse cortado y colocado con la debida exactitud. No se podrán realizar uniones en los cruces de muros, forjados, etc. Todas las uniones deberán poder soportar una presión superior en un 50 % a la de trabajo. Se prohíbe expresamente la ocultación o enterramiento de uniones metálicas.

### **7.3.8. Tuberías ocultas.**

Las canalizaciones ocultas en albañilería, si la naturaleza de ésta no permite su empotramiento, irán alojadas en cámaras ventiladas tomando

medidas adecuadas (pintura, aislamiento con barrera de vapor...) cuando las características del lugar sean propicias a la formación de condensaciones en las tuberías de calefacción, cuando éstas estén frías. Las tuberías enterradas y ocultas en forjados deberán disponer de un adecuado tratamiento anticorrosivo y estar envueltas con una protección adecuada, debiendo estar suficientemente resuelta la libre dilatación de la tubería y el contacto de ésta con los materiales de construcción. Se evitará en todo lo posible la utilización de materiales deferentes en una canalización de manera que no se formen pares galvánicos. Cuando ello sea necesario, se aislarán eléctricamente unos de otros, o se hará una protección catódica adecuada.

### **7.3.9. Purgas.**

En la parte más alta de cada circuito se pondrá una purga para eliminar el aire que pudiera allí acumularse. Se recomienda que esta purga se coloque con una conducción de diámetro no inferior a 15 mm. con un purgador y conducción de la posible agua que se eliminase por la purga. Esta conducción irá en pendiente hacia el punto de vaciado, que deberá de ser visible. Se colocarán además purgas, automáticas o manuales, en cantidad suficiente para evitar la formación de bolsas de aire en tuberías o aparatos en los que por su disposición fuese previsible.

### **7.3.10. Filtros.**

Todos los filtros de malla y/o tela metálica que se instalen en circuitos de agua con el propósito de proteger los aparatos de la suciedad acumulada durante el montaje, deberán de ser retirados una vez terminada de modo satisfactorio la limpieza del circuito.

### **7.3.11. Relación con otros servicios.**

Las tuberías no estarán en contacto directo con ninguna conducción de energía eléctrica o de telecomunicación, con el fin de evitar los efectos de la corrosión que una derivación pueda ocasionar, debiendo preverse una distancia mínima de 30 cm. a las conducciones eléctricas y de 3 cm. a las tuberías de gas más cercanas desde el exterior de la tubería o desde el aislamiento. Se tendrá especial cuidado en que las canalizaciones de agua fría no sean calentadas por las canalizaciones de agua caliente, bien por radiación directa o por conducción a través de los soportes, debiéndose prever siempre una distancia mínima de 25 cm. entre exteriores de tuberías. Las tuberías no atravesarán las chimeneas, conductos de aire acondicionado ni chimeneas de ventilación.

### **7.3.12. Válvulas.**

Todas las válvulas serán de fácil acceso. Se recomienda disponer de una

tubería de derivación con sus llaves, rodeando a aquellos elementos básicos, como válvulas de control, etc., que se puedan averiar y necesiten ser retirados de la red de tuberías para su reparación o mantenimiento.

Se recomienda el empleo de los siguientes tipos de válvulas según su función a desempeñar:

- Para aislamiento: Válvulas de esfera.
- Para equilibrado de circuitos: Válvulas de equilibrado.
- Para vaciado: Válvulas de esfera o de macho.
- Para llenado: Válvulas de esfera.
- Para purga de aire: Válvulas de esfera o de macho.
- Para seguridad: Válvula de resorte.
- Para retención: Válvulas de clapeta.

No existirá ninguna válvula ni elemento que pueda aislar las válvulas de seguridad de las tuberías o recipientes a que sirven.

### **7.3.13. Bombas de circulación.**

Se recomienda que antes y después de cada bomba de circulación se monte un manómetro para poder apreciar la presión diferencial. La bomba deberá ir montada en un punto tal que pueda asegurarse que ninguna parte de la instalación quede en depresión con relación a la atmósfera. La presión a la entrada de la bomba deberá ser suficiente para asegurar que no se produzcan fenómenos de cavitación ni a la entrada ni en el interior de la bomba. El conjunto motor-bomba será fácilmente desmontable. En general, el eje del motor y de la bomba quedarán bien alineados, y se montará un acoplamiento elástico si el eje no es común. Salvo en instalaciones individuales con bombas especialmente preparadas para ser soportadas por una tubería, las bombas no ejercerán ningún esfuerzo sobre la red de distribución. La sujeción de la bomba se hará perfectamente al suelo y no a las paredes. Todas las bombas instaladas en el suelo, incluida la bomba de llenado, tendrá una bancada que evite su contacto directo con el suelo y por tanto eventuales humedades. La bomba y su motor estarán montados con holgura a su alrededor, suficientes para una fácil inspección de todas sus partes. El agua de goteo, cuando exista, será conducida al agua correspondiente.

### **7.3.14. Elementos de regulación y control**

Los elementos de control y regulación serán los apropiados para los campos de temperatura, humedades, presiones,..., en que normalmente va a trabajar la instalación. Los elementos de control y regulación estarán

situados en locales o elementos de tal manera que den indicación correcta de la magnitud que deben medir o regular, sin que esta indicación esté afectada por algún fenómeno extraño a la magnitud que se quiere medir o controlar. De acuerdo con esto, los termómetros y termostatos, hidrómetros y manómetros, deberán poder dejarse fuera de servicio o sustituirse con la instalación en marcha. Todos los aparatos de regulación irán colocados en un sitio en el que fácilmente se pueda ver la posición de la escala indicadora de los mismos o la posición de regulación que tiene cada uno.

### **7.3.15. Alimentación y vaciado.**

En toda instalación de agua existirá un circuito de alimentación que dispondrá de una válvula de retención y otra de corte antes de la conexión a la instalación, recomendándose, además la instalación de un filtro. La alimentación de agua podrá realizarse al depósito de expansión o a una tubería de retorno. En cada ramal de la instalación que pueda aislarse, existirá un dispositivo de vaciado. La alimentación de agua al sistema no podrá realizarse por motivos de salubridad, con una conexión directa a la red de distribución urbana. Será necesaria la separación física de ambos circuitos.

### **7.3.16. Depósito de expansión.**

Los circuitos de agua caliente deberán equiparse con el correspondiente vaso de expansión, pudiendo ser abierto o cerrado. No se emplearán vasos de expansión cerrados con colchón de aire en contacto directo con el agua del vaso. El vaso de expansión cerrado deberá colocarse preferentemente en la sala de máquinas. Estos vasos irán calorifugados y no expuestos a congelación y colocados en un lugar accesible en todo momento al personal de mantenimiento. El dispositivo de rebose estará especialmente diseñado para evitar la congelación del agua en su interior cuando exista esta posibilidad por el equipo de clima. La instalación estará equipada con un dispositivo que permita comprobar en todo momento el nivel de agua de la instalación. Si se coloca un vaso de expansión cerrado debe colocarse preferentemente en la aspiración de la bomba evitando la formación de una bolsa de aire en el mismo.

## **CAPITULO 8. AISLAMIENTO TÉRMICO DE LAS INSTALACIONES.**

### **8.1. GENERALIDADES.**

Con el fin de evitar consumos de energía superfluos, los aparatos, equipos y conducciones que contengan fluido a temperatura inferior a la ambiente o superior a 40 °C dispondrán de un aislamiento térmico para

reducir las pérdidas de energía.

El aislamiento térmico de aparatos, equipos y conducciones metálicas cuya temperatura de diseño sea inferior a la del punto de rocín del ambiente en el que se encuentre, será impermeable al vapor de agua, o al menos quedará protegido, una vez colocado, por una capa que constituya una barrera de vapor. Los aparatos, equipos y conducciones de la instalación deberán quedar aislados de acuerdo con las exigencia de carácter mínimo que a continuación se indicarán, entendiendo que en cualquier caso las pérdidas térmicas globales horarias no superen lo estipulado en la IT.IC.04.

## 8.2. MATERIALES.

El material de aislamiento no contendrá sustancias que se presten a la formación de microorganismos en él. No desprenderá olores a las temperaturas a las que va a ser sometido, no sufrirá deformaciones como consecuencia de las temperaturas ni debido a una accidental formación de condensaciones. Será compatible con las superficies a las que va a ser aplicado, sin provocar corrosión de las tuberías en las condiciones de uso. La conductividad térmica del aislamiento será la especificada en el nuevo código técnico de edificación. El aislamiento de las calderas, o partes de la instalación que van a estar próximos a focos de fuego, será de materiales incombustibles.

## 8.3. COLOCACIÓN.

La aplicación del material aislante deberá cumplir las siguientes exigencias:

- Antes de su colocación deberá haberse quitado de la superficie aislada toda materia extraña, herrumbre...
- A continuación se dispondrán dos capas de pintura antioxidante u otra protección similar en todos los elementos metálicos que no está debidamente protegidos contra la oxidación.
- El aislamiento se efectuará a base de mantas, filtros, placas, segmentos, coquillas soportadas de acuerdo con las instrucciones del fabricante, cuidando que haga un asiento compacto y firme en las piezas aislantes y de que se mantenga uniforme el espesor.
- Cuando el espesor del aislamiento exigido requiera varias capas de este, se procurará que las juntas longitudinales y transversales de las distintas capas no coincidan y que cada capa quede firmemente fijada.
- El aislamiento irá protegido con los materiales necesarios, para que no se deteriore con el paso del tiempo.
- El recubrimiento o protección del aislamiento se realizará de manera de que quede firme y lo haga duradero. Se ejecutará disponiendo amplios



solapes para evitar pasos de humedad al aislamiento y cuidando que no se aplaste.

- La barrera de antivapor, si es necesaria, deberá de estar situada en la casa exterior de aislamiento, con el fin de garantizar la ausencia de agua condensada en la masa de aislante.
- Todas las piezas de materiales de aislante, así como su recubrimiento protector y demás elementos, se presentarán sin defectos ni exfoliaciones.

#### **8.4. AISLAMIENTO TÉRMICO DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS.**

Hasta diámetros de 150 mm., el aislamiento se realizará siempre con coquillas. Las válvulas, bridas y accesorios se aislarán preferentemente con casquetes aislantes desmontables, de varias piezas, con espacio para que al quitarlos se puedan desmontar.

## **CAPITULO 9. RECEPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.**

### **9.1. GENERALIDADES.**

La recepción de la instalación tendrá como objeto el comprobar que la misma cumple las prescripciones de la reglamentación vigente y las especificaciones de las instrucciones técnicas, así como realizar una puesta en marcha correcta y comprobar, mediante los ensayos que sean requeridos, las prestaciones de confortabilidad, exigencias de uso racional de energía, contaminación ambiental, seguridad y calidad que son exigidas. Todas y cada una de ellas se realizarán en presencia del Director de Obra de la instalación, el cual dará fe de los resultados por escrito.

#### **9.1.1. Pruebas parciales.**

A lo largo de la ejecución deberán haberse hecho las pruebas parciales, controles de recepción, etc., de todos los elementos que haya indicado el Director de Obra. Particularmente todas las uniones o tramos de tuberías, conductos o elementos que por necesidades de la obra vayan a quedarse ocultos, deberán ser expuestos para su inspección o expresamente aprobados, antes de descubrirlos o colocar las protecciones requeridas.

#### **9.1.2. Pruebas finales.**

Terminada la instalación, será sometida por partes o en su conjunto a las pruebas que se indican, sin perjuicio de aquellas otras que solicite el Director de Obra.

#### **9.1.3. Recepción provisional.**

Una vez realizadas las pruebas finales con resultados satisfactorios para el Director de Obra, se procederá en el acto de recepción provisional de la instalación. Con este acto se dará por finalizado el montaje de la instalación.

#### **9.1.4. Recepción definitiva.**

Transcurrido el plazo contractual de garantía, en ausencia de averías o defectos de funcionamiento durante el mismo, o habiendo sido éstos convenientemente subsanados, la recepción provisional adquirirá carácter de recepción definitiva, sin realización de nuevas pruebas, salvo que por parte de la propiedad haya sido cursado aviso en contra antes de finalizar el periodo de garantía establecido.

### **9.2. PRUEBAS FINALES.**

Es condición previa para la realización de las pruebas finales que la instalación se encuentre totalmente terminada de acuerdo con las especificaciones del proyecto, así como que haya sido previamente equilibrada y puesta a punto y se hayan cumplido las exigencias previas que haya establecido el Director de Obra tales como limpieza, suministro de energías, etc. Como mínimo deberán realizarse las pruebas específicas que se indican referentes a las exigencias de seguridad y uso racional de la energía. A continuación se realizarán las pruebas globales del conjunto de la instalación.

#### **9.2.1. Pruebas específicas.**

##### **a) Rendimiento de calderas.**

Se realizarán las pruebas térmicas de calderas de combustión comprobando como mínimo el gasto de combustible, temperatura, contenido en CO<sub>2</sub> y pérdidas de calor por la chimenea.

##### **b) Seguridad.**

Comprobación del tarado de todos los elementos de seguridad.

#### **9.2.2. Pruebas globales.**

Se realizarán como mínimo las siguientes pruebas globales, independientemente de aquellas otras que desee el Director de Obra.

##### **a) Comprobación de materiales, equipos y ejecución.**

Independientemente de pruebas parciales, o controles de recepción realizados durante la ejecución se comprobará, por el Director de Obra, que

los materiales y equipos instalados se corresponden con los especificados en el proyecto y contratados con la empresa instaladora, así como la correcta ejecución del montaje. Se comprobará en general la limpieza y cuidado del buen acabado de la instalación.

b) Pruebas hidráulicas.

Independientemente de las pruebas parciales a que hayan sido sometidas las partes de la instalación a lo largo del montaje, todos los equipos y conducciones deberán someterse a una prueba de estanqueidad, como mínimo a una presión interior de prueba en frío equivalente a vez y media la de trabajo, con un mínimo de 400 kPa y una duración no inferior a 24 horas.

Posteriormente se realizarán pruebas de circulación de agua en circuitos (bombas en marcha), comprobación de la limpieza de los filtros de agua y medida de presiones. Por último se realizará la comprobación de la estanqueidad del circuito con el fluido a temperatura de régimen.

c) Prueba de libre dilatación.

Una vez las pruebas anteriores hayan sido satisfactorias, se dejará enfriar bruscamente la instalación hasta una temperatura de 60 °C de salida de calderas, manteniendo la regulación anulada y las bombas en funcionamiento. A continuación se volverá a calentar hasta la temperatura de régimen de salida de la caldera. Durante la prueba se comprobará que no ha habido deformación apreciable visualmente en ningún elemento o tramo de la tubería y que el sistema de expansión ha funcionado correctamente.

d) Pruebas de conductos.

Se realizarán de acuerdo con la norma UNE 100.104, para los conductos de chapa.

e) Pruebas de prestaciones térmicas.

Se realizarán las pruebas que a criterio del Director de Obra sean necesarias para comprobar el funcionamiento normal en régimen de invierno o de verano, obteniendo un estadillo de condiciones higrotérmicas interiores para unas condiciones exteriores debidamente registradas. Cuando la temperatura media en las habitaciones sea igual o superior a la contractual corregida, como se especifica más adelante en función de las condiciones meteorológicas exteriores, se dará como satisfactoria la eficacia térmica de la instalación.

Las condiciones climatológicas exteriores: la mínima del día no será inferior en 2 °C o superior en 10 °C a la contractual exterior. La temperatura de las habitaciones se corregirá como sigue: se disminuirá en 0,5 °C, por cada grado centígrado que la temperatura mínima del día haya sido inferior a la exterior contractual. O bien se aumentará en 0,15 °C por cada grado centígrado que la temperatura mínima del día haya sido superior a la

exterior contractual.

f) Otras pruebas.

Por último se comprobará que la instalación cumple con las exigencias de calidad, confortabilidad, seguridad y ahorro de energía que se dictan en esta instrucción técnica. Particularmente se comprobará el buen funcionamiento de la regulación automática del sistema.

### **9.3. RECEPCIÓN PROVISIONAL.**

Antes de realizar el acto de recepción provisional deberán haberse cumplido los siguientes requisitos previos:

- Realización de las pruebas finales a perfecta satisfacción del Director de Obra.
- Presentación del certificado de la instalación según el modelo, ante la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía.

#### **9.3.1. Documentación de recepción.**

Una vez cumplimentados los requisitos anteriores, se realizará el acto de recepción provisional, en el que el Director de Obra, en presencia de la firma instaladora, entregará al titular de la misma, si no lo hubiera hecho antes, los siguientes documentos:

- Acta de recepción, suscrita por todos los presentes (por duplicado).
- Resultados de las pruebas.
- Manual de instrucciones, según lo especifica en la IT.IC.22.1.
- Libro de mantenimiento, según se especifica en la IT.IC.22.3.
- Proyecto de ejecución, en el que junto a una descripción de la instalación, se relacionan todas las unidades y equipos empleados, indicando marca, modelo, características y fabricante, así como los planos definitivos de lo ejecutado, como mínimo un esquema de principio, esquema de control y esquemas eléctricos.
- Esquemas de principio de control y seguridad debidamente enmarcado para su colocación en la sala de máquinas.
- Copia del certificado de la instalación presentado a la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía.

#### **9.3.2. Responsabilidad.**

Una vez realizado el acto de recepción provisional, la responsabilidad de

la conducción y mantenimiento de la instalación se transmite íntegramente a la propiedad, sin perjuicio de las responsabilidades contractuales que en concepto de garantía hayan sido pactadas y obliguen a la empresa instaladora.

## **CAPITULO 10. PUESTA EN FUNCIONAMIENTO.**

### **10.1. GENERALIDADES.**

Para la puesta en funcionamiento de las instalaciones de Calefacción y A.C.S., será necesaria la presentación en la Delegación del Ministerio de Industria y Energía de un Certificado suscrito por el técnico, bajo cuya dirección se ha realizado el montaje y visado por el Colegio Profesional correspondiente. En el Certificado se expresará que la instalación ha sido ejecutada de acuerdo con el proyecto presentado y registrado en el Ministerio de Industria y Energía y cumple con todos los requisitos exigidos por el Reglamento e Instrucciones técnicas de las Instalaciones de Calefacción, Climatización y Agua Caliente Sanitaria y con las que en su caso les sean de aplicación. Se harán constar en el mismo los resultados de las pruebas a que hubiere lugar. En el caso de que el Director de Obra en el curso de la misma apreciase que la instalación no se realiza de acuerdo con el proyecto registrado y con la reglamentación vigente exigirá, bajo su responsabilidad, las modificaciones oportunas. En las instalaciones en las que se hubiese sustituido el proyecto específico por la documentación presentada por el instalador, este Certificado, en el que se harán constar los mismos extremos exigidos al Director, podrá ser sustituido por otro suscrito por el instalador.

### **10.2. INSPECCIONES.**

Las Delegaciones Provinciales del Ministerio de Industria y Energía, podrán disponer cuantas inspecciones de las instalaciones sean necesarias con el fin de comprobar y vigilar el cumplimiento de las Instrucciones Técnicas.

### **10.3. SANCIONES.**

El incumplimiento de las condiciones impuestas en este Documento por el titular de la instalación, además de las sanciones que en su caso correspondan, podrá dar lugar a la paralización inmediata del funcionamiento de la misma. El Certificado de la instalación, expedido por el Director de Obra, tendrá el contenido mínimo que se señala en el modelo que se indica en este pliego de condiciones. El cumplimiento de este requisito no eximirá al director de Obra o al instalador de expedir aquellas otras certificaciones que le pudieran ser exigidas por los respectivos Reglamentos de combustibles.

#### **10.4. SUMINISTRO DE ENERGÍA.**

El titular de la instalación presentará ante la empresa suministradora de energía junto con su solicitud, copia del Certificado del Director de Obra, con fecha de registro de entrada en la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía. Con independencia del señalado en el presente Documento deberá cumplirse cuanto se disponga en los Reglamentos correspondientes a las energías empleadas.

### **CAPITULO 11. MANTENIMIENTO.**

#### **11.1. GENERALIDADES.**

Uno de los factores de ahorro de energía más importantes es el mantenimiento constante a lo largo de todo el funcionamiento de las características técnicas de la instalación y los equipos que la forman. De aquí la necesidad de que las instalaciones sean objeto de una adecuada atención para obtener de ellas el mejor rendimiento energético posible, observando la seguridad y máxima eficiencia de sus prestaciones.

#### **11.2. MANUAL DE INSTRUCCIONES Y NORMAS DE SEGURIDAD.**

Al terminar la instalación en el momento que se indica en la IT.IC.21., el instalador viene obligado a entregar al titular de la misma o al Director de la Obra un “Manual de Instrucciones” de la instalación, que será aprobado como correcto por el director de Obra, y si no procediese, por incorrecto, será rehecho por el instalador.

En este “Manual de Instrucciones” se incluirá un esquema de la instalación en el cual los aparatos sean fácil e inequívocamente identificados con los de la instalación.

El “Manual de Instrucciones” deberá contener:

- Características, marca, dimensiones de todos los elementos que componen la instalación tanto en la planta generadora como en las redes de tuberías exteriores, distribución interior, regulación, etc.
- Instrucciones concretas de manejo y maniobra de la instalación y de seguridad previstas.
- Instrucciones sobre las operaciones de conservación a realizar sobre los elementos más importantes de la instalación: quemadores, calderas, bombas, aparatos de regulación, etc..
- Instrucciones sobre las operaciones mínimas de mantenimiento para el conjunto de la instalación.

- Frecuencia y forma de la limpieza de los equipos de producción de calor.
- Frecuencia y forma de limpieza y engrase de las partes móviles de la instalación.
- Frecuencia y forma de limpieza de intercambiadores de calor.
- Límites de dureza del agua de alimentación de la instalación e Instrucciones de Mantenimiento y Comprobación del equipo de tratamiento, cuando éste exista.

Este Manual de Instrucciones se encontrará preferentemente en la sala de máquinas a disposición del encargado de la instalación. Además de lo indicado en el Manual de Instrucciones, las Normas que afecten a la seguridad se colocarán próximas al aparato o aparatos de los que se trate, con preferencia en una placa metálica y hoja plastificada que garantice la fácil lectura y la permanencia en el tiempo del escrito.

### **11.3. OPERACIONES DE MANTENIMIENTO.**

El mantenimiento de la instalación será en todo caso el adecuado para asegurar que las características de las variables de funcionamiento sean tales que se mantengan dentro de los límites indicados en la IT.IC.04.

Las comprobaciones mínimas a realizar para el mantenimiento son las siguientes:

1. Medida de la temperatura de los gases de combustión.
2. Medida del contenido de CO<sub>2</sub> en los humos.
3. Tiro en la salida de humos de la caldera.
4. Limpieza de la caldera y de su circuito de humos y chimenea.
5. Limpieza de los filtros y baterías de equipos unitarios.
6. Comprobación de la estanqueidad del cierre de la caldera y de la unión al quemador.
7. Control de consumo de energía en relación con la potencia del equipo.
8. Control de temperatura de ida respecto a lo que debería ser según la regulación automática que exista.
9. Control de la temperatura de distribución del agua caliente sanitaria.
10. Control de la temperatura de precalentamiento del combustible de acuerdo con su viscosidad.
11. Tolerancia de las variables que controlan los termostatos y presostatos.
12. Comprobación del tarado de todos los elementos de seguridad.



Se tomarán las medidas necesarias para corregir las vibraciones, fugas de agua, vapor, etc., que con el uso de la instalación se vayan produciendo y en particular se mantendrá el goteo de los prensaestopas de las bombas cuando éstas existan y lo requieran en sus justos límites.

Las operaciones 1, 2, 3, 6, 8, 9, 10 deberán llevarse a cabo mensualmente.

Las operaciones señaladas en los puntos 11 y 12 se comprobarán dos veces por temporada o semestre.

Las operaciones de limpieza 4, 5 y 6 deberán llevarse a cabo al principio de temporada de calefacciones, salvo los filtros, que se limpiarán y renovarán mensualmente.

Independientemente de las verificaciones periódicas anteriores, se tomarán las medidas necesarias para que los valores límites sean normales, cuando existan señales claras de que existe un funcionamiento irregular de la instalación. Los espacios ocupados por la instalación se mantendrán limpios, no permitiéndose el almacenamiento de material, residuos o deshechos. Absolutamente se impedirá el almacenamiento de materiales combustibles. Periódicamente se procederá a la inspección visual de los circuitos a presión, comprobándose su estanqueidad, y si esta resulta dudosa, se realizarán las pruebas que fueran necesarias.

#### **11.4. LÍMITES.**

El titular del Libro de Mantenimiento será responsable de mantener las pérdidas de calor por la chimenea por debajo de los límites señalados en la IT.IC.04. Igualmente será responsable de mantener los valores señalados de las variables, para defensa del medio ambiente, por debajo de lo indicado en IT.IC.02 El contenido de CO no deberá superar en ningún caso el 0,1 % del volumen de los humos secos y sin excesos de aire.

#### **11.5. SANCIONES.**

Cuando los titulares no tengan el Libro de Mantenimiento al día, o no procedan a mantener los límites de pérdidas de calor y de variables de funcionamiento anteriormente indicados, las empresas suministradoras de energía, cuando tengan conocimiento de ello, informarán a la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía, quien ordenará la suspensión del suministro.

#### **11.6. INSPECCIONES PERIÓDICAS.**

Las instalaciones serán revisadas por personal facultativo de las Delegaciones Provinciales del Ministerio de Industria y Energía, siempre que por causas justificadas, y para prevenir posibles peligros, las citadas

Delegaciones, por sí mismas, por disposición gubernativa, por denuncia de terceros, o por resultados desfavorables apreciados en el Libro de Mantenimiento, juzguen oportuna o necesaria esta revisión. El personal facultativo podrá ordenar su inmediata reparación, dando cuenta de ello a la empresa suministradora de energía para que suspenda los suministros, que no deberán ser reanudados hasta que medie la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía. Los propietarios o usuarios de las instalaciones, podrán solicitar en todo momento, justificando la necesidad, que sus instalaciones sean reconocidas por la Delegación Provincial correspondiente, y que del resultado de esta inspección sea expedido el oportuno dictamen.

## **PLIEGO DE CONDICIONES DE LA INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR.**

# 1. CONDICIONES GENERALES DE LA INSTALACIÓN.

## 1.1. CONDICIONES GENERALES.

El objetivo básico del sistema solar es suministrar al usuario una instalación solar que:

- a) Optimice el ahorro energético global de la instalación en combinación con el resto de equipos térmicos del edificio.
- b) Garantice una durabilidad y calidad suficientes.
- c) Garantice un uso seguro de la instalación.

Las instalaciones se realizarán con un circuito primario y un circuito secundario independientes, con producto químico anticongelante, evitándose cualquier tipo de mezcla de los distintos fluidos que pueden operar en la instalación.

Si la instalación debe permitir que el agua alcance una temperatura de 60 °C, no se admitirá la presencia de componentes de acero galvanizado. Respecto a la protección contra descargas eléctricas, las instalaciones deben cumplir con lo fijado en la reglamentación vigente y en las normas específicas que la regulen. Se instalarán manguitos electrolíticos entre elementos de diferentes materiales para evitar el par galvánico.

### 1.1.1. Fluido de trabajo.

El fluido portador se seleccionará de acuerdo con las especificaciones del fabricante de los captadores. Pueden utilizarse como fluidos en el circuito primario agua de la red, agua desmineralizada o agua con aditivos, según las características climatológicas del lugar de instalación y de la calidad del agua empleada. En caso de utilización de otros fluidos térmicos se incluirán en el proyecto su composición y su calor específico. El fluido de trabajo tendrá un pH a 20 °C entre 5 y 9, y un contenido en sales que se ajustará a los señalados en los puntos siguientes:

- La salinidad del agua del circuito primario no excederá de 500 mg/l totales de sales solubles. En el caso de no disponer de este valor se tomará el de conductividad como variable limitante, no sobrepasando los 650  $\mu$ S/cm.
- El contenido en sales de calcio no excederá de 200 mg/l, expresados como contenido en carbonato cálcico.
- El límite de dióxido de carbono libre contenido en el agua no excederá de 50 mg/l.

Fuera de estos valores, el agua deberá ser tratada.

### **1.1.2. Protección contra heladas.**

El fabricante, suministrador final, instalador o diseñador del sistema deberá fijar la mínima temperatura permitida en el sistema. Todas las partes del sistema que estén expuestas al exterior deben ser capaces de soportar la temperatura especificada sin daños permanentes en el sistema. Cualquier componente que vaya a ser instalado en el interior de un recinto donde la temperatura pueda caer por debajo de los 0 °C, deberá estar protegido contra las heladas. La instalación estará protegida, con un producto químico no tóxico cuyo calor específico no será inferior a 3 kJ/kg K, en 5 °C por debajo de la mínima histórica registrada con objeto de no producir daños en el circuito primario de captadores por heladas. Adicionalmente este producto químico mantendrá todas sus propiedades físicas y químicas dentro de los intervalos mínimo y máximo de temperatura permitida por todos los componentes y materiales de la instalación. Se podrá utilizar otro sistema de protección contra heladas que, alcanzando los mismos niveles de protección, sea aprobado por la Administración Competente.

### **1.1.3. Sobrecalentamientos.**

#### ***1.1.3.1. Protección contra sobrecalentamientos.***

Se dotará a las instalaciones solares de dispositivos de control manuales o automáticos que eviten los sobrecalentamientos de la instalación que puedan dañar los materiales o equipos y penalicen la calidad del suministro energético. En el caso de dispositivos automáticos, se evitarán de manera especial las pérdidas de fluido anticongelante, el relleno con una conexión directa a la red y el control del sobrecalentamiento mediante el gasto excesivo de agua de red. Especial cuidado se tendrá con las instalaciones de uso estacional en las que en el periodo de no utilización se tomarán medidas que eviten el sobrecalentamiento por el no uso de la instalación. Cuando el sistema disponga de la posibilidad de drenajes como protección ante sobrecalentamientos, la construcción deberá realizarse de tal forma que el agua caliente o vapor del drenaje no supongan ningún peligro para los habitantes y no se produzcan daños en el sistema, ni en ningún otro material en el edificio o vivienda. Cuando las aguas sean duras, es decir con una concentración en sales de calcio entre 100 y 200 mg/l, se realizarán las previsiones necesarias para que la temperatura de trabajo de cualquier punto del circuito de consumo no sea superior a 60 °C, sin perjuicio de la aplicación de los requerimientos necesarios contra la legionaria. En cualquier caso, se dispondrán los medios necesarios para facilitar la limpieza de los circuitos.

#### ***1.1.3.2. Protección contra quemaduras.***

En sistemas de Agua Caliente Sanitaria, donde la temperatura de agua caliente en los puntos de consumo pueda exceder de 60 °C se instalará un

sistema automático de mezcla u otro sistema que limite la temperatura de suministro a 60 °C, aunque en la parte solar pueda alcanzar una temperatura superior para sufragar las pérdidas. Este sistema deberá ser capaz de soportar la máxima temperatura posible de extracción del sistema solar.

#### ***1.1.3.3. Protección de materiales contra altas temperaturas.***

El sistema deberá ser calculado de tal forma que nunca se exceda la máxima temperatura permitida por todos los materiales y componentes.

#### **1.1.4. Resistencia a presión.**

Los circuitos deben someterse a una prueba de presión de 1,5 veces el valor de la presión máxima de servicio. Se ensayará el sistema con esta presión durante al menos una hora no produciéndose daños permanentes ni fugas en los componentes del sistema y en sus interconexiones. Pasado este tiempo, la presión hidráulica no deberá caer más de un 10 % del valor medio medido al principio del ensayo. El circuito de consumo deberá soportar la máxima presión requerida por las regulaciones nacionales / europeas de agua potable para instalaciones de agua de consumo abiertas o cerradas.

En caso de sistemas de consumo abiertos con conexión a la red, se tendrá en cuenta la máxima presión de la misma para verificar que todos los componentes del circuito de consumo soportan dicha presión.

#### **1.1.5. Prevención de flujo inverso.**

La instalación del sistema deberá asegurar que no se produzcan pérdidas energéticas relevantes debidas a flujos inversos no intencionados en ningún circuito hidráulico del sistema. Al situarse los depósitos de acumulación por debajo del sistema de captación se deberán de tomar las medidas oportunas para prevenir la circulación natural que produce en flujo inverso. Para evitar flujos inversos es aconsejable la utilización de válvulas antirretorno, salvo que el equipo sea por circulación natural.

### **1.2. CRITERIOS DE MEDICIÓN Y VALORACIÓN DE UNIDADES.**

Unidad de equipo completamente recibida y/o terminada en cada caso; todos los elementos específicos de las instalaciones, como captadores, acumuladores, intercambiadores, bombas, válvulas, vasos de expansión, purgadores, contadores

El resto de elementos necesarios para completar dicha instalación, ya sea instalaciones eléctricas o de fontanería se medirán y valorarán siguiendo las recomendaciones establecidas en los capítulos correspondientes de las instalaciones de electricidad y fontanería.

Los elementos que no se encuentren contemplados en cualquiera de los

dos casos anteriores se medirán y valorarán por unidad de obra proyectada realmente ejecutada.

### 1.3. PRESCRIPCIONES SOBRE LOS PRODUCTOS.

#### 1.3.1. Características de los productos que se incorporan a las unidades de obra.

La recepción de los productos, equipos y sistemas se realizará conforme se desarrolla en el DB HE4, así como a las especificaciones concretas del Plan de control de calidad.

Las características cumplirán lo especificado en el CTE DB HE 4.

- Sistema de captación: captadores solares.

Los captadores solares llevarán preferentemente un orificio de ventilación, de diámetro no inferior a 4 mm.

Si se usan captadores con absorbedores de aluminio, se usarán fluidos de trabajo con un tratamiento inhibidor de los iones de cobre y hierro.

- Sistema de acumulación solar: Los acumuladores pueden ser: de acero vitrificado (inferior a 1000 l), de acero con tratamiento epoxídico, de acero inoxidable, de cobre, etc. Cada acumulador vendrá equipado de fábrica de los necesarios manguitos de acoplamiento y bocas, soldados antes del tratamiento de protección. Preferentemente los acumuladores serán de configuración vertical.

El acumulador estará enteramente recubierto con material aislante, y es recomendable disponer una protección mecánica en chapa pintada al horno, PRFV, o lámina de material plástico. Todos los acumuladores irán equipados con la protección catódica establecida por el fabricante. El sistema deberá ser capaz de elevar la temperatura del acumulador a 60 °C. El aislamiento de acumuladores de superficie inferior a 2 m<sup>2</sup> tendrá un espesor mínimo de 3 cm, para volúmenes superiores el espesor mínimo será de 5 cm. La utilización de acumuladores de hormigón requerirá la presentación de un proyecto firmado por un técnico competente.

- Sistema de intercambio: Los intercambiadores para agua caliente sanitaria serán de acero inoxidable o de cobre. El intercambiador podrá ser de tipo sumergido (de serpentín o de haz tubular) o de doble envolvente. Deberá soportar las temperaturas y presiones máximas de trabajo de la instalación. Los tubos de los intercambiadores de calor tipo serpentín sumergido tendrán diámetros interiores inferiores o iguales a una pulgada. El espesor del aislamiento del cambiador de calor será mayor o igual a 2 cm.
- Circuito hidráulico: constituido por tuberías, bombas, válvulas, etc.,



que se encarga de establecer el movimiento del fluido caliente hasta el sistema de acumulación. En cualquier caso los materiales cumplirán lo especificado en la norma ISO/TR 10217. El circuito hidráulico cumplirá las condiciones de resistencia a presión establecidas.

*Tuberías.* En sistemas directos se usará cobre o acero inoxidable en el circuito primario, admitiendo de material plástico acreditado apto para esta aplicación. El material de que se constituyan las señales será resistente a las condiciones ambientales y funcionales del entorno en que estén instaladas, y la superficie de la señal no favorecerá el depósito de polvo sobre ella. En el circuito secundario (de agua caliente sanitaria) podrá usarse cobre, acero inoxidable y también materiales plásticos que soporten la temperatura máxima del circuito. Las tuberías de cobre serán de tubos estirados en frío y uniones por capilaridad. Para el calentamiento de piscinas se recomienda que las tuberías sean de PVC y de gran diámetro. En ningún caso el diámetro de las tuberías será inferior a DIN15. El diseño y los materiales deberán ser tales que no permitan la formación de obturaciones o depósitos de cal en sus circuitos.

*Bomba de circulación.* Podrán ser en línea, de rotor seco o húmedo o de bancada. En circuitos de agua caliente sanitaria, los materiales serán resistentes a la corrosión.

Las bombas serán resistentes a las averías producidas por efecto de las incrustaciones calizas, resistentes a la presión máxima del circuito.

*Purga de aire.* Son botellones de desaireación y purgador manual o automático. Los purgadores automáticos tendrán el cuerpo y tapa de fundición de hierro o latón, el mecanismo, flotador y asiento de acero inoxidable y el obturador de goma sintética. Asimismo resistirán la temperatura máxima de trabajo del circuito.

*Vasos de expansión.* Pueden ser abiertos o cerrados. El material y tratamiento del vaso será capaz de resistir la temperatura máxima de trabajo. Los vasos de expansión abiertos se construirán soldados o remachados en todas sus juntas, y reforzados. Tendrán una salida de rebosamiento. En caso de vasos de expansión cerrados, no se aislara térmicamente la tubería de conexión.

- Válvulas: Podrán ser válvulas de esfera, de asiento, de resorte, etc. Para evitar flujos inversos es aconsejable la utilización de válvulas antirretorno.
- Material aislante: fibra de vidrio, pinturas asfálticas, chapa de aluminio, etc.
- Sistema de energía auxiliar: para complementar la contribución solar con la energía necesaria para cubrir la demanda prevista en caso de escasa radiación solar o demanda superior al previsto.

- Sistema eléctrico y de control: cumplirá con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT).
- Fluido de trabajo o portador: Podrá utilizarse agua desmineralizada o con aditivos, según las condiciones climatológicas. pH a 20 °C entre 5 y 9. El contenido en sales se ajustará a lo especificado en el CTE.
- Sistema de protección contra heladas según el CTE DB HE 4, apartado 3.2.2.2.
- Dispositivos de protección contra sobrecalentamientos según el CTE DB HE 4, apartado 3.2.2.3.1.
- Productos auxiliares: líquido anticongelante, pintura antioxidante, etc.
- Sistemas solares prefabricados:

Equipos completos y listos para instalar, bajo un solo nombre comercial. Pueden ser compactos o partidos.

Los materiales de la instalación soportarán la máxima temperatura y presiones que puedan alcanzarse.

En general, se realizará la comprobación de la documentación de suministro en todos los casos, comprobando que coincide lo suministrado en obra con lo indicado en el proyecto:

Sistema solares prefabricados: el fabricante o distribuidor oficial deberá suministrar instrucciones para el montaje y la instalación, e instrucciones de operación para el usuario.

Sistemas solares a medida: deberá estar disponible la documentación técnica completa del sistema, instrucciones de montaje, funcionamiento y mantenimiento, así como recomendaciones de servicio.

Asimismo se realizará el control de recepción mediante distintivos de calidad y evaluaciones de idoneidad técnica:

- Sistema de captación:

El captador deberá poseer la certificación emitida por organismo competente o por un laboratorio de ensayos (según RD 891/1980 y la Orden de 28 julio de 1980).

Norma a la que se acoge o según la cual está fabricado.

Documentación del fabricante: debe contener instrucciones de instalación, de uso y mantenimiento en el idioma del país de la instalación.

Datos técnicos: esquema del sistema, situación y diámetro de las conexiones, potencia eléctrica y térmica, dimensiones, tipo, forma de montaje, presiones y temperaturas de diseño y límites, tipo de protección contra la corrosión, tipo de fluido térmico, condiciones de instalación y almacenamiento.

Guía de instalación con recomendaciones sobre superficies de montaje, distancias de seguridad, tipo de conexiones, procedimientos de aislamiento de tuberías, integración de captadores en tejados, sistemas de drenaje.

Estructuras soporte: cargas de viento y nieve admisibles.

Tipo y dimensiones de los dispositivos de seguridad. Drenaje. Inspección, llenado y puesta en marcha. Check-list para el instalador. Temperatura mínima admisible sin congelación. Irradiación solar de sobrecalentamiento.

Documentación para el usuario sobre funcionamiento, precauciones de seguridad, elementos de seguridad, mantenimiento, consumos, congelación y sobrecalentamiento.

Etiquetado: fabricante, tipo de instalación, número de serie, año, superficie de absorción, volumen de fluido, presión de diseño, presión admisible, potencia eléctrica.

En general, las piezas que hayan sufrido daños durante el transporte o que presenten defectos no apreciados en la recepción en fábrica serán rechazadas. Asimismo serán rechazados aquellos productos que no cumplan las características mínimas técnicas prescritas en proyecto.

Las aperturas de conexión de todos los aparatos y máquinas estarán convenientemente protegidas durante el transporte, almacenamiento y montaje, hasta que no se proceda a la unión, por medio de elementos de taponamiento de forma y resistencia adecuada para evitar la entrada de cuerpos extraños y suciedades del aparato. Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad. Las piezas especiales, manguitos, gomas de estanqueidad, etc., se guardarán en locales cerrados.

Se deberá tener especial precaución en la protección de equipos y materiales que puedan estar expuestos a agentes exteriores especialmente agresivos producidos por procesos industriales cercanos. Especial cuidado con materiales frágiles y delicados, como luminarias, mecanismos, equipos de medida, que deberán quedar debidamente protegidos. Todos los materiales se conservarán hasta el momento de su instalación, en la medida de lo posible, en el interior de sus embalajes originales.

## **1.4. PRESCRIPCIÓN EN CUANTO A LA EJECUCIÓN POR UNIDADES DE OBRA.**

### **1.4.1. Características técnicas de cada unidad de obra.**

- *Condiciones previas.*

Antes de su colocación, todas las canalizaciones deberán reconocerse y limpiarse de cualquier cuerpo extraño. Durante el montaje, se deberán evacuar de la obra todos los materiales sobrantes de trabajos efectuados con anterioridad, en particular de retales de conducciones y cables.

- *Compatibilidad entre los productos, elementos y sistemas constructivos.*

Para prevenir el fenómeno electroquímico de la corrosión galvánica entre metales con diferente potencial, se adoptarán las medidas adecuadas de aislamiento y protección del contacto entre ambos, de forma que además de aislar eléctricamente metales con diferente potencial, se evite el acceso de agua y oxígeno a la zona de unión en los puntos de contacto entre ambos.

Se instalarán manguitos electrolíticos entre elementos de diferentes materiales para evitar el par galvánico. Cuando sea imprescindible usar en un mismo circuito materiales diferentes, especialmente cobre y acero, en ningún caso estarán en contacto, debiendo situar entre ambos juntas o manguitos dieléctrico, atendiendo al CTE DB HE 4 apartado 3.2.2.

Los materiales de la bomba del circuito primario serán compatibles con las mezclas anticongelantes y con el fluido de trabajo. No se admitirá la presencia de componentes de acero galvanizado para permitir elevaciones de la temperatura por encima de 60°C. Cuando el material aislante de la tubería y accesorios sea de fibra de vidrio, deberá cubrirse con una protección no inferior a la proporcionada por un recubrimiento de venda y escayola. En los tramos que discurren por el exterior se terminará con pintura asfáltica.

#### **1.4.2. Proceso de ejecución.**

Se atenderá a las prescripciones del CTE DB HE 4.

- *Ejecución.*

En general, se tendrán en cuenta las especificaciones dadas por los fabricantes de cada uno de los componentes. En las partes dañadas por roces en los equipos, producidos durante el traslado o el montaje, se aplicará pintura rica en zinc u otro material equivalente. Todos los elementos metálicos que no estén debidamente protegidos contra la oxidación, serán recubiertos con dos manos de pintura antioxidante. Cualquier componente que vaya a ser instalado en el interior de un recinto donde la temperatura pueda caer por debajo de los 0°C, deberá estar protegido contra heladas.

##### **Sistema de captación:**

Se recomienda que los captadores que integren la instalación sean del mismo modelo. Preferentemente se instalarán captadores con conductos distribuidores horizontales y sin cambios complejos de dirección de los conductos internos. Si los captadores son instalados en los tejados de

edificios, deberá asegurarse la estanqueidad en los puntos de anclaje. La instalación permitirá el acceso a los captadores de forma que su desmontaje sea posible en caso de rotura. Se evitará que los captadores queden expuestos al sol por periodos prolongados durante su montaje. En este periodo las conexiones del captador deben estar abiertas a la atmósfera, pero impidiendo la entrada de suciedad.

#### Conexionado:

El conexionado de los captadores se realizará prestando especial atención a su estanqueidad y durabilidad. Se dispondrán en filas constituidas, preferentemente, por el mismo número de elementos, conectadas entre sí en paralelo, en serie ó en serieparalelo. Se instalarán válvulas de cierre en la entrada y salida de las distintas baterías de captadores y entre las bombas. Además se instalará una válvula de seguridad por cada fila. Dentro de cada fila los captadores se conectarán en serie ó en paralelo, cuyo número tendrá en cuenta las limitaciones del fabricante. Si la instalación es exclusivamente de ACS se podrán conectar en serie hasta 10 m<sup>2</sup> en las zonas climáticas I y II, hasta 8 m<sup>2</sup> en la zona climática III y hasta 6 m<sup>2</sup> en las zonas climáticas IV y V.

Los captadores se dispondrán preferentemente en filas formadas por el mismo número de elementos. Se conectarán entre sí instalando válvulas de cierre en la entrada y salida de las distintas baterías de captadores y entre las bombas. Los captadores se pueden conectar en serie o en paralelo. El número de captadores conexionados en serie no será superior a tres. En el caso de que la aplicación sea de agua caliente sanitaria no deben conectarse más de dos captadores en serie.

#### Estructura soporte:

La estructura soporte del sistema de captación cumplirá las exigencias del CTE en cuanto a seguridad estructural. Permitirá las dilataciones térmicas, sin transferir cargas a los captadores o al circuito hidráulico. Los puntos de sujeción del captador serán suficientes en número, área de apoyo y posición relativa, para evitar flexiones en el captador. La propia estructura no arrojará sombra sobre los captadores. En caso de instalaciones integradas que constituyan la cubierta del edificio, cumplirán las exigencias de seguridad estructural y estanqueidad indicadas en la parte correspondiente del CTE y demás normativa de aplicación.

#### Sistema de acumulación solar:

El sistema de acumulación solar estará constituido preferentemente por un solo depósito de configuración vertical, ubicado en zonas interiores, aunque podrá dividirse en dos o más depósitos conectados entre sí. Se ubicará un termómetro de fácil lectura para controlar los niveles térmicos y prevenir la legionelosis. Para un volumen mayor de 2 m<sup>3</sup>, se instalarán sistemas de corte de flujos al exterior no intencionados.

Los acumuladores se ubicarán preferentemente en zonas interiores. Si los depósitos se sitúan por encima de la batería de captadores se favorece la circulación natural. En caso de que el acumulador esté directamente

conectado con la red de distribución de agua caliente sanitaria, deberá ubicarse un termómetro en un sitio claramente visible. Cuando sea necesario que el sistema de acumulación solar esté formado por más de un depósito, estos se conectarán en serie invertida en el circuito de consumo o en paralelo con los circuitos primarios y secundarios equilibrado. La conexión de los acumuladores permitirá su desconexión individual sin interrumpir el funcionamiento de la instalación.

#### Sistema de intercambio:

En cada una de las tuberías de entrada y salida de agua del intercambiador de calor se instalará una válvula de cierre próxima al manguito correspondiente.

El intercambiador del circuito de captadores incorporado al acumulador solar estará situado en la parte inferior de este último.

#### Aislamiento:

El material aislante se sujetará con medios adecuados, de forma que no pueda desprenderse de las tuberías o accesorios. El aislamiento no quedará interrumpido al atravesar elementos estructurales del edificio. Tampoco se permitirá la interrupción del aislamiento térmico en los soportes de las conducciones, que podrán estar o no completamente envueltos en material aislante. El aislamiento no dejará zonas visibles de tuberías o accesorios, quedando únicamente al exterior los elementos que sean necesarios para el buen funcionamiento y operación de los componentes. Para la protección del material aislante situado en intemperie se podrá utilizar una cubierta o revestimiento de escayola protegido con pinturas asfálticas, poliésteres reforzados con fibra de vidrio o chapa de aluminio. En el caso de depósitos o cambiadores de calor situados en intemperie, podrán utilizarse forros de telas plásticas. Después de la instalación del aislante térmico, los instrumentos de medida y de control, así como válvulas de desagües, volantes, etc., deberán quedar visibles y accesibles.

#### Circuito hidráulico:

Las conexiones de entrada y salida se situarán evitando caminos preferentes de circulación del fluido. La conexión de entrada de agua caliente procedente del intercambiador o de los captadores al interacumulador, se realizará a una altura comprendida entre el 50% y el 75% de la altura total del mismo. La conexión de salida de agua fría del acumulador hacia el intercambiador o los captadores se realizará por la parte inferior de éste. La conexión de retorno de consumo al acumulador y agua fría de red se realizará por la parte inferior y la extracción de agua caliente del acumulador se realizará por la parte superior.

La longitud de tuberías del circuito hidráulico será tan corta como sea posible, evitando los codos y pérdidas de carga. Los tramos horizontales tendrán siempre una pendiente mínima del 1% en el sentido de la circulación. Las tuberías de intemperie serán protegidas de forma continua contra las acciones climatológicas con pinturas asfálticas, poliésteres reforzados con fibra de vidrio o pinturas acrílicas.

En general, el trazado del circuito evitará los caminos tortuosos, para favorecer el desplazamiento del aire atrapado hacia los puntos altos. En el trazado del circuito deberán evitarse, en lo posible, los sifones invertidos. Los circuitos de distribución de agua caliente sanitaria se protegerán contra la corrosión por medio de ánodos de sacrificio.

#### Tuberías:

La longitud de las tuberías del sistema deberá ser tan corta como sea posible, evitando al máximo los codos y pérdidas de carga en general. El material aislante se sujetará con medios adecuados, de forma que no pueda desprenderse de las tuberías o accesorios. Los trazados horizontales de tubería tendrán siempre una pendiente mínima del 1% en el sentido de circulación. Las tuberías se instalarán lo más próximas posibles a paramentos, dejando el espacio suficiente para manipular el aislamiento y los accesorios. La distancia mínima de las tuberías o sus accesorios a elementos estructurales será de 5 cm.

Las tuberías discurrirán siempre por debajo de canalizaciones eléctricas que crucen o corran paralelamente. No se permitirá la instalación de tuberías en huecos y salas de máquinas de ascensores, centros de transformación, chimeneas y conductos de climatización o ventilación. Los cambios de sección en tuberías horizontales se realizarán de forma que se evite la formación de bolsas de aire, mediante manguitos de reducción excéntricos o el enrasado de generatrices superiores para uniones soldadas. En ningún caso se permitirán soldaduras en tuberías galvanizadas. Las uniones de tuberías de cobre se realizarán mediante manguitos soldados por capilaridad. En circuitos abiertos el sentido de flujo del agua deberá ser siempre del acero al cobre. Durante el montaje de las tuberías se evitarán los cortes para la unión de tuberías, las rebabas y escorias.

#### Bombas:

Las bombas en línea se montarán en las zonas más frías del circuito, con el eje de rotación en posición horizontal. En instalaciones superiores a 50 m<sup>2</sup> se montarán dos bombas iguales en paralelo. En instalaciones de climatización de piscinas la disposición de los elementos será la indicada en el apartado citado.

Siempre que sea posible las bombas se montarán en las zonas más frías del circuito. El diámetro de las tuberías de acoplamiento no podrá ser nunca inferior al diámetro de la boca de aspiración de la bomba. Todas las bombas deberán protegerse, aguas arriba, por medio de la instalación de un filtro de malla o tela metálica. Las tuberías conectadas a las bombas se soportarán en las inmediaciones de estas. El diámetro de las tuberías de acoplamiento no podrá ser nunca inferior al diámetro de la boca de aspiración de la bomba. En su manipulación se evitarán roces, rodaduras y arrastres.

En instalaciones de piscinas la disposición de los elementos será: el filtro deberá colocarse siempre entre bomba y los captadores y el sentido de la corriente ha de ser bomba-filtro-captadores.

#### Vasos de expansión:



Los vasos de expansión se conectarán en la aspiración de la bomba, a una altura tal que asegure el no desbordamiento del fluido y la no introducción de aire en el circuito primario

En caso de vaso de expansión abierto, la diferencia de alturas entre el nivel de agua fría en el depósito y el rebosadero no será inferior a 3 cm. El diámetro del rebosadero será igual o mayor al diámetro de la tubería de llenado.

#### Purga de aire:

Se colocarán sistemas de purga de aire en los puntos altos de la salida de baterías de captadores y en todos aquellos puntos de la instalación donde pueda quedar aire acumulado.

Se colocaran sistemas de purga de aire en los puntos altos de la salida de batería de captadores y en todos los puntos de la instalación donde pueda quedar aire acumulado. Las líneas de purga deberán estar colocadas de tal forma que no se puedan helar y no se pueda acumular agua en las líneas. Los botellines de purga estarán en lugares accesibles y, siempre que sea posible, visibles. Se evitará el uso de purgadores automáticos cuando se prevea la formación de vapor en el circuito.

#### *- Condiciones de terminación.*

Al final de la obra, se deberá limpiar perfectamente todos los equipos, cuadros eléctricos, etc., de cualquier tipo de suciedad, dejándolos en perfecto estado. Una vez instalados, se procurará que las placas de características de los equipos sean visibles. Al término de la instalación, e informada la dirección facultativa, el instalador autorizado emitirá la documentación reglamentaria que acredite la conformidad de la instalación con la Reglamentación vigente.

### **1.4.3. Control de ejecución, ensayos y pruebas.**

#### *- Control de ejecución.*

Durante la ejecución se controlará que todos los elementos de la instalación se instalen correctamente, de acuerdo con el proyecto, con la normativa y con las instrucciones expuestas anteriormente.

#### *- Ensayos y pruebas.*

Las pruebas a realizar serán:

Llenado, funcionamiento y puesta en marcha del sistema.

Se probará hidrostáticamente los equipos y el circuito de energía auxiliar.

Comprobar que las válvulas de seguridad funcionan y que las tuberías de descarga no están obturadas y están en conexión con la atmósfera.

Comprobar la correcta actuación de las válvulas de corte, llenado,

vaciado y purga de la instalación.

Comprobar que alimentando eléctricamente las bombas del circuito entran en funcionamiento.

Se comprobará la actuación del sistema de control y el comportamiento global de la instalación.

Se rechazarán las partes de la instalación que no superen satisfactoriamente los ensayos y pruebas mencionados.

#### **1.4.4. Conservación y mantenimiento durante la obra.**

Durante el tiempo previo al arranque de la instalación, si se prevé que este pueda prolongarse, se procederá a taponar los captadores. Si se utiliza manta térmica para evitar pérdidas nocturnas en piscinas, se tendrá en cuenta la posibilidad de que proliferen microorganismos en ella, por lo que se deberá limpiar periódicamente.

### **1.5. PRESCRIPCIONES SOBRE VERIFICACIONES.**

Verificaciones y pruebas de servicio para comprobar las prestaciones finales del edificio.

Concluidas las pruebas y la puesta en marcha se pasará a la fase de la Recepción Provisional de la instalación, no obstante el Acta de Recepción Provisional no se firmará hasta haber comprobado que todos los sistemas y elementos han funcionado correctamente durante un mínimo de un mes, sin interrupciones o paradas.

## **2. CRITERIOS GENERALES DE CÁLCULO.**

### **2.1. DIMENSIONADO BÁSICO.**

En la memoria del proyecto se establecerá el método de cálculo, especificando, al menos en base mensual, los valores medios diarios de la demanda de energía y de la contribución solar. Asimismo el método de cálculo incluirá las prestaciones globales anuales definidas por:

- a) La demanda de energía térmica.
- b) La energía solar térmica aportada.
- c) Las fracciones solares mensuales y anuales.
- d) El rendimiento medio anual.

Se deberá comprobar si existe algún mes del año en el cual la energía producida teóricamente por la instalación solar supera la demanda correspondiente a la ocupación real o algún otro periodo de tiempo en el cual puedan darse las condiciones de sobrecalentamiento, tomándose en estos casos las medidas de protección de la instalación correspondientes. Durante ese periodo de tiempo se intensificarán los trabajos de vigilancia descritos en el apartado de mantenimiento. En una instalación de energía solar, el rendimiento del captador, independientemente de la aplicación y la tecnología usada, debe ser siempre igual o superior al 40%. Adicionalmente se deberá cumplir que el rendimiento medio dentro del periodo al año en el que se utilice la instalación, deberá ser mayor que el 20 %.

## **2.2. SISTEMA DE CAPTACIÓN.**

### **2.2.1. Generalidades.**

El captador seleccionado deberá poseer la certificación emitida por el organismo competente en la materia según lo regulado en el RD 891/1980 de 14 de Abril, sobre homologación de los captadores solares y en la Orden de 28 de Julio de 1980 por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de los captadores solares, o la certificación o condiciones que considere la reglamentación que lo sustituya. Se recomienda que los captadores que integren la instalación sean del mismo modelo, tanto por criterios energéticos como por criterios constructivos. En las instalaciones destinadas exclusivamente a la producción de agua caliente sanitaria mediante energía solar, se recomienda que los captadores tengan un coeficiente global de pérdidas, referido a la curva de rendimiento en función de la temperatura ambiente y temperatura de entrada, menor de  $10 \text{ Wm}^2/^{\circ}\text{C}$ , según los coeficientes definidos en la normativa en vigor.

### **2.2.2. Conexionado.**

Se debe prestar especial atención a la estanqueidad y durabilidad de las conexiones del captador.

Los captadores se dispondrán en filas constituidas, preferentemente, por el mismo número de elementos. Las filas de captadores se pueden conectar entre sí en paralelo, en serie o en serieparalelo, debiéndose instalar válvulas de cierre, en la entrada y salida de las distintas baterías de captadores y entre las bombas, de manera que puedan utilizarse para aislamiento de estos componentes en labores de mantenimiento, sustitución, etc. Además se instalará una válvula de seguridad por fila con el fin de proteger la instalación. Dentro de cada fila los captadores se conectarán en serie o en paralelo. El número de captadores que se pueden conectar en paralelo tendrá en cuenta las limitaciones del fabricante. En el caso de que la aplicación sea exclusivamente de ACS se podrán conectar en serie hasta  $10 \text{ m}^2$  en las zonas climáticas I y II, hasta  $8 \text{ m}^2$  en la zona climática III y hasta  $6 \text{ m}^2$  en las zonas

climáticas IV y V. La conexión entre captadores y entre filas se realizará de manera que el circuito resulte equilibrado hidráulicamente recomendándose el retorno invertido frente a la instalación de válvulas de equilibrado.

### 2.2.3. Estructura soporte.

Se aplicará a la estructura soporte las exigencias del Código Técnico de la Edificación en cuanto a seguridad. El cálculo y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de captadores permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transferir cargas que puedan afectar a la integridad de los captadores o al circuito hidráulico. Los puntos de sujeción del captador serán suficientes en número, teniendo el área de apoyo y posición relativa adecuada, de forma que no se produzcan flexiones en el captador, superiores a las permitidas por el fabricante.

Los topes de sujeción de captadores y la propia estructura no arrojarán sombra sobre los captadores.

## 2.3. SISTEMA DE ACUMULACIÓN SOLAR.

### 2.3.1. Generalidades.

El sistema solar se debe concebir en función de la energía que aporta a lo largo del día y no en función de la potencia del generador (captadores solares), por tanto se debe prever una acumulación acorde con la demanda al no ser ésta simultánea con la generación. Para la aplicación de ACS, el área total de los captadores tendrá un valor tal que se cumpla la condición:

$$50 < V/A < 180$$

Siendo:

- A la suma de las áreas de los captadores [m<sup>2</sup>]
- V el volumen del depósito de acumulación solar [litros].

Es admisible prever un conexionado puntual entre el sistema auxiliar y el acumulador solar, de forma que se pueda calentar este último con el auxiliar. En ambos casos deberá ubicarse un termómetro cuya lectura sea fácilmente visible por el usuario. No obstante, se podrán realizar otros métodos de tratamiento antilegionela permitidos por la legislación vigente. Los acumuladores de los sistemas con un volumen mayor de 2 m<sup>3</sup> deben llevar válvulas de corte u otros sistemas adecuados para cortar flujos al exterior del depósito no intencionados en caso de daños del sistema.

### 2.3.2. Situación de las conexiones.

Las conexiones de entrada y salida se situarán de forma que se eviten caminos preferentes de circulación del fluido y, además:

a) La conexión de entrada de agua caliente procedente del intercambiador o de los captadores al interacumulador se realizará, preferentemente a una altura comprendida entre el 50% y el 75% de la altura total del mismo.

b) La conexión de salida de agua fría del acumulador hacia el intercambiador o los captadores se realizará por la parte inferior de éste.

c) La conexión de retorno de consumo al acumulador y agua fría de red se realizarán por la parte inferior.

d) La extracción de agua caliente del acumulador se realizará por la parte superior.

La conexión de los acumuladores permitirá la desconexión individual de los mismos sin interrumpir el funcionamiento de la instalación.

No se permite la conexión de un sistema de generación auxiliar en el acumulador solar, ya que esto puede suponer una disminución de las posibilidades de la instalación solar para proporcionar las prestaciones energéticas que se pretenden obtener con este tipo de instalaciones. Para los equipos de instalaciones solares que vengan preparados de fábrica para albergar un sistema auxiliar eléctrico, se deberá anular esta posibilidad de forma permanente, mediante sellado irreversible u otro medio.

## **2.4. CIRCUITO HIDRÁULICO.**

### **2.4.1. Generalidades.**

Debe concebirse inicialmente un circuito hidráulico de por sí equilibrado. Si no fuera posible, el flujo debe ser controlado por válvulas de equilibrado. El caudal del fluido portador se determinará de acuerdo con las especificaciones del fabricante como consecuencia del diseño de su producto. En su defecto su valor estará comprendido entre 1,2 l/s y 2 l/s por cada 100 m<sup>2</sup> de red de captadores. En las instalaciones en las que los captadores estén conectados en serie, el caudal de la instalación se obtendrá aplicando el criterio anterior y dividiendo el resultado por el número de captadores conectados en serie.

### **2.4.2. Tuberías.**

El sistema de tuberías y sus materiales deben ser tales que no exista posibilidad de formación de obturaciones o depósitos de cal para las condiciones de trabajo. Con objeto de evitar pérdidas térmicas, la longitud de tuberías del sistema deberá ser tan corta como sea posible y evitar al máximo los codos y pérdidas de carga en general. Los tramos horizontales

tendrán siempre una pendiente mínima del 1 % en el sentido de la circulación. El aislamiento de las tuberías de intemperie deberá llevar una protección externa que asegure la durabilidad ante las acciones climatológicas admitiéndose revestimientos con pinturas asfálticas, poliésteres reforzados con fibra de vidrio o pinturas acrílicas. El aislamiento no dejará zonas visibles de tuberías o accesorios, quedando únicamente al exterior los elementos que sean necesarios para el buen funcionamiento y operación de los componentes.

#### **2.4.3. Bombas.**

Si el circuito de captadores está dotado con una bomba de circulación, la caída de presión se debería mantener aceptablemente baja en todo el circuito. Siempre que sea posible, las bombas en línea se montarán en las zonas más frías del circuito, teniendo en cuenta que no se produzca ningún tipo de cavitación y siempre con el eje de rotación en posición horizontal. En instalaciones superiores a 50 m<sup>2</sup> se montarán dos bombas idénticas en paralelo, dejando una de reserva, tanto en el circuito primario como en el secundario. En este caso se preverá el funcionamiento alternativo de las mismas, de forma manual o automática.

#### **2.4.4. Vasos de expansión.**

Los vasos de expansión preferentemente se conectarán en la aspiración de la bomba. La altura en la que se situarán los vasos de expansión abiertos será tal que asegure el no desbordamiento del fluido y la no introducción de aire en el circuito primario.

#### **2.4.5. Purga de aire.**

En los puntos altos de la salida de baterías de captadores y en todos aquellos puntos de la instalación donde pueda quedar aire acumulado, se colocarán sistemas de purga constituidos por botellines de desaireación y purgador manual o automático. El volumen útil del botellín será superior a 100 cm<sup>3</sup>. Este volumen podrá disminuirse si se instala a la salida del circuito solar y antes del intercambiador un desaireador con purgador automático. En el caso de utilizar purgadores automáticos, adicionalmente, se colocarán los dispositivos necesarios para la purga manual.

#### **2.4.6. Drenaje.**

Los conductos de drenaje de las baterías de captadores se diseñarán en lo posible de forma que no puedan congelarse.

### **2.5. SISTEMA DE ENERGÍA CONVENCIONAL AUXILIAR.**

Para asegurar la continuidad en el abastecimiento de la demanda térmica, las instalaciones de energía solar deben disponer de un sistema de energía convencional auxiliar. Queda prohibido el uso de sistemas de energía convencional auxiliar en el circuito primario de captadores. El sistema convencional auxiliar se diseñará para cubrir el servicio como si no se dispusiera del sistema solar. Sólo entrará en funcionamiento cuando sea estrictamente necesario y de forma que se aproveche lo máximo posible la energía extraída del campo de captación. El sistema de aporte de energía convencional auxiliar con acumulación o en línea, siempre dispondrá de un termostato de control sobre la temperatura de preparación que en condiciones normales de funcionamiento permitirá cumplir con la legislación vigente en cada momento referente a la prevención y control de la legionelosis. La temperatura de tarado del termostato de seguridad será, como máximo, 10 °C mayor que la temperatura máxima de impulsión.

## 2.6. SISTEMA DE CONTROL.

El sistema de control asegurará el correcto funcionamiento de las instalaciones, procurando obtener un buen aprovechamiento de la energía solar captada y asegurando un uso adecuado de la energía auxiliar. El sistema de regulación y control comprenderá el control de funcionamiento de los circuitos y los sistemas de protección y seguridad contra sobrecalentamientos, heladas etc. En circulación forzada, el control de funcionamiento normal de las bombas del circuito de captadores, deberá ser siempre de tipo diferencial y, en caso de que exista depósito de acumulación solar, deberá actuar en función de la diferencia entre la temperatura del fluido portador en la salida de la batería de los captadores y la del depósito de acumulación. El sistema de control actuará y estará ajustado de manera que las bombas no estén en marcha cuando la diferencia de temperaturas sea menor de 2 °C y no estén paradas cuando la diferencia sea mayor de 7 °C. La diferencia de temperaturas entre los puntos de arranque y de parada de termostato diferencial no será menor que 2 °C. Las sondas de temperatura para el control diferencial se colocarán en la parte superior de los captadores de forma que representen la máxima temperatura del circuito de captación. El sensor de temperatura de la acumulación se colocará preferentemente en la parte inferior en una zona no influenciada por la circulación del circuito secundario o por el calentamiento del intercambiador si éste fuera incorporado. El sistema de control asegurará que en ningún caso se alcancen temperaturas superiores a las máximas soportadas por los materiales, componentes y tratamientos de los circuitos. El sistema de control asegurará que en ningún punto la temperatura del fluido de trabajo descienda por debajo de una temperatura 3 °C superior a la de congelación del fluido. Alternativamente al control diferencial, se podrán usar sistemas de control accionados en función de la radiación solar. Las instalaciones con varias aplicaciones deberán ir dotadas con un sistema individual para seleccionar la puesta en marcha de cada una de ellas, complementado con otro que regule la aportación de energía a la misma. Esto se puede realizar por control de temperatura o caudal actuando sobre una válvula de reparto, de tres vías



todo o nada, bombas de circulación, o por combinación de varios mecanismos.

## 2.7. SISTEMA DE MEDIDA.

Además de los aparatos de medida de presión y temperatura que permitan la correcta operación, para el caso de instalaciones mayores de 20 m<sup>2</sup> se deberá disponer al menos de un sistema analógico de medida local y registro de datos que indique como mínimo las siguientes variables:

- a) Temperatura de entrada agua fría de red.
- b) Temperatura de salida acumulador solar.
- c) Caudal de agua fría de red.

El tratamiento de los datos proporcionará al menos la energía solar térmica acumulada a lo largo del tiempo.

## 3. COMPONENTES.

### 3.1. CAPTADORES SOLARES.

Los captadores con absorbente de hierro no pueden ser utilizados bajo ningún concepto. Cuando se utilicen captadores con absorbente de aluminio, obligatoriamente se utilizarán fluidos de trabajo con un tratamiento inhibidor de los iones de cobre y hierro. El captador llevará, preferentemente, un orificio de ventilación de diámetro no inferior a 4 mm situado en la parte inferior de forma que puedan eliminarse acumulaciones de agua en el captador. El orificio se realizará de forma que el agua pueda drenarse en su totalidad sin afectar al aislamiento. Se montará el captador, entre los diferentes tipos existentes en el mercado, que mejor se adapte a las características y condiciones de trabajo de la instalación, siguiendo siempre las especificaciones y recomendaciones dadas por el fabricante. Las características ópticas del tratamiento superficial aplicado al absorbedor, no deben quedar modificadas substancialmente en el transcurso del periodo de vida previsto por el fabricante, incluso en condiciones de temperaturas máximas del captador.

La carcasa del captador debe asegurar que en la cubierta se eviten tensiones inadmisibles, incluso bajo condiciones de temperatura máxima alcanzable por el captador. El captador llevará en lugar visible una placa en la que consten, como mínimo, los siguientes datos:

- a) Nombre y domicilio de la empresa fabricante, y eventualmente su anagrama.

- b) Modelo, tipo, año de producción.
- c) Número de serie de fabricación.
- d) Área total del captador.
- e) Peso del captador vacío, capacidad de líquido.
- f) Presión máxima de servicio.

Esta placa estará redactada como mínimo en castellano y podrá ser impresa o grabada con la condición que asegure que los caracteres permanecen indelebles.

### 3.2. ACUMULADORES.

Cuando el intercambiador esté incorporado al acumulador, la placa de identificación indicará además, los siguientes datos:

- a) Superficie de intercambio térmico en m<sup>2</sup>.
- b) Presión máxima de trabajo, del circuito primario.

Cada acumulador vendrá equipado de fábrica con los necesarios manguitos de acoplamiento, soldados antes del tratamiento de protección, para las siguientes funciones:

- a) Manguitos roscados para la entrada de agua fría y la salida de agua caliente.
- b) Registro embreado para inspección del interior del acumulador y eventual acoplamiento del serpentín.
- c) Manguitos roscados para la entrada y salida del fluido primario.
- d) Manguitos roscados para accesorios como termómetro y termostato.
- e) Manguito para el vaciado.

En cualquier caso la placa característica del acumulador indicará la pérdida de carga del mismo.

Los depósitos mayores de 750 l dispondrán de una boca de hombre con un diámetro mínimo de 400 mm, fácilmente accesible, situada en uno de los laterales del acumulador y cerca del suelo, que permita la entrada de una persona en el interior del depósito de modo sencillo, sin necesidad de desmontar tubos ni accesorios. El acumulador estará enteramente recubierto con material aislante y, es recomendable disponer una protección mecánica en chapa pintada al horno, PRFV, o lámina de material plástica. Podrán utilizarse acumuladores de las características y tratamientos descritos a continuación:

- a) Acumuladores de acero vitrificado con protección catódica.
- b) Acumuladores de acero con un tratamiento que asegure la resistencia a temperatura y corrosión con un sistema de protección catódica.
- c) Acumuladores de acero inoxidable adecuado al tipo de agua y temperatura de trabajo.
- d) Acumuladores de cobre.
- e) Acumuladores no metálicos que soporten la temperatura máxima del circuito y esté autorizada su utilización por las compañías de suministro de agua potable.
- f) Acumuladores de acero negro (sólo en circuitos cerrados, cuando el agua de consumo pertenezca a un circuito terciario).
- g) Los acumuladores se ubicarán en lugares adecuados que permitan su sustitución por envejecimiento o averías.

### 3.3. BOMBAS DE CIRCULACIÓN.

Los materiales de la bomba del circuito primario serán compatibles con las mezclas anticongelantes y en general con el fluido de trabajo utilizado. Cuando las conexiones de los captadores son en paralelo, el caudal nominal será igual al caudal unitario de diseño multiplicado por la superficie total de captadores en paralelo.

Tabla 3.1. Potencia eléctrica máxima de la bomba.

Sistema	Potencia eléctrica de la bomba
Sistema pequeño	50 W o 2% de la mayor potencia calorífica Que pueda suministrar el grupo de Captadores
Sistemas grandes	1 % de la mayor potencia calorífica que puede suministrar el grupo de Captadores

La potencia máxima de la bomba especificada anteriormente excluye la potencia de las bombas de los sistemas de drenaje con recuperación, que sólo es necesaria para rellenar el sistema después de un drenaje. La bomba permitirá efectuar de forma simple la operación de desaireación o purga.

### 3.4. TUBERÍAS.

En las tuberías del circuito primario podrán utilizarse como materiales el cobre y el acero inoxidable, con uniones roscadas, soldadas o embridadas y protección exterior con pintura anticorrosiva. En el circuito secundario o de servicio de agua caliente sanitaria, podrá utilizarse cobre y acero inoxidable. Podrán utilizarse materiales plásticos que soporten la temperatura máxima del circuito y que le sean de aplicación y esté autorizada su utilización por las compañías de suministro de agua potable.

### **3.5. VÁLVULAS.**

La elección de las válvulas se realizará, de acuerdo con la función que desempeñen y las condiciones extremas de funcionamiento (presión y temperatura) siguiendo preferentemente los criterios que a continuación se citan:

- a) para aislamiento: válvulas de esfera.
- b) para equilibrado de circuitos: válvulas de asiento;
- c) para vaciado: válvulas de esfera o de macho;
- d) para llenado: válvulas de esfera;
- e) para purga de aire: válvulas de esfera o de macho;
- f) para seguridad: válvula de resorte;
- g) para retención: válvulas de disco de doble compuerta, o de clapeta.

Las válvulas de seguridad, por su importante función, deben ser capaces de derivar la potencia máxima del captador o grupo de captadores, incluso en forma de vapor, de manera que en ningún caso sobrepase la máxima presión de trabajo del captador o del sistema.

### **3.6. VASOS DE EXPANSIÓN.**

#### **3.6.1. Vasos de expansión abiertos.**

Los vasos de expansión abiertos, cuando se utilicen como sistemas de llenado o de rellenado, dispondrán de una línea de alimentación, mediante sistemas tipo flotador o similar.

#### **3.6.2. Vasos de expansión cerrados.**

El dispositivo de expansión cerrada del circuito de captadores deberá estar dimensionado de tal forma que, incluso después de una interrupción del suministro de potencia a la bomba de circulación del circuito de captadores, justo cuando la radiación solar sea máxima, se pueda restablecer

la operación automáticamente cuando la potencia esté disponible de nuevo.

Cuando el medio de transferencia de calor pueda evaporarse bajo condiciones de estancamiento, hay que realizar un dimensionado especial del volumen de expansión: Además de dimensionarlo como es usual en sistemas de calefacción cerrados (la expansión del medio de transferencia de calor completo), el depósito de expansión deberá ser capaz de compensar el volumen del medio de transferencia de calor en todo el grupo de captadores completo incluyendo todas las tuberías de conexión entre captadores más un 10 %. El aislamiento no dejará zonas visibles de tuberías o accesorios, quedando únicamente al exterior los elementos que sean necesarios para el buen funcionamiento y operación de los componentes. Los aislamientos empleados serán resistentes a los efectos de la intemperie, pájaros y roedores.

### **3.7. PURGADORES.**

Se evitará el uso de purgadores automáticos cuando se prevea la formación de vapor en el circuito. Los purgadores automáticos deben soportar, al menos, la temperatura de estancamiento del captador y en cualquier caso hasta 130 °C en las zonas climáticas I, II y III, y de 150 °C en las zonas climáticas IV y V.

### **3.8. SISTEMA DE LLENADO.**

Los circuitos con vaso de expansión cerrado deben incorporar un sistema de llenado manual o automático que permita llenar el circuito y mantenerlo presurizado. En general, es muy recomendable la adopción de un sistema de llenado automático con la inclusión de un depósito de recarga u otro dispositivo, de forma que nunca se utilice directamente un fluido para el circuito primario cuyas características incumplan esta Sección del Código Técnico o con una concentración de anticongelante más baja. Será obligatorio cuando, por el emplazamiento de la instalación, en alguna época del año pueda existir riesgo de heladas o cuando la fuente habitual de suministro de agua incumpla las condiciones de pH y pureza requeridas en esta Sección del Código Técnico.

En cualquier caso, nunca podrá rellenarse el circuito primario con agua de red si sus características pueden dar lugar a incrustaciones, deposiciones o ataques en el circuito, o si este circuito necesita anticongelante por riesgo de heladas o cualquier otro aditivo para su correcto funcionamiento.

Las instalaciones que requieran anticongelante deben incluir un sistema que permita el relleno manual del mismo. Para disminuir los riesgos de fallos se evitarán los aportes incontrolados de agua de reposición a los circuitos cerrados y la entrada de aire que pueda aumentar los riesgos de corrosión originados por el oxígeno del aire. Es aconsejable no usar válvulas de llenado automáticas.

### **3.9. SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL.**

La localización e instalación de los sensores de temperatura deberá asegurar un buen contacto térmico con la parte en la cual hay que medir la temperatura, para conseguirlo en el caso de las de inmersión se instalarán en contra corriente con el fluido. Los sensores de temperatura deben estar aislados contra la influencia de las condiciones ambientales que le rodean.

La ubicación de las sondas ha de realizarse de forma que éstas midan exactamente las temperaturas que se desean controlar, instalándose los sensores en el interior de vainas y evitándose las tuberías separadas de la salida de los captadores y las zonas de estancamiento en los depósitos. Preferentemente las sondas serán de inmersión. Se tendrá especial cuidado en asegurar una adecuada unión entre las sondas de contactos y la superficie metálica.

## **4. MANTENIMIENTO.**

Sin perjuicio de aquellas operaciones de mantenimiento derivadas de otras normativas, para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida de la instalación para asegurar el funcionamiento, aumentar la fiabilidad y prolongar la duración de la misma, se definen dos escalones complementarios de actuación:

- a) Plan de vigilancia.
- b) Plan de mantenimiento preventivo.

### **4.1. PLAN DE VIGILANCIA.**

El plan de vigilancia se refiere básicamente a las operaciones que permiten asegurar que los valores operacionales de la instalación sean correctos. Es un plan de observación simple de los parámetros funcionales principales, para verificar el correcto funcionamiento de la instalación.

Tendrá el alcance descrito en la tabla 4.1:

Tabla 4.1.

Elemento de la instalación	Operación	Frecuencia (meses)	Descripción
CAPTADORES	Limpieza de cristales	A determinar	Con agua y productos adecuados
	Cristales	3	IV condensaciones en las horas centrales del día.
	Juntas	3	IV Agrietamientos y Deformaciones.
	Absorbedor	3	Corrosión, deformación, fugas, etc.
	Conexiones	3	fugas
	Estructura	3	degradación, indicios de Corrosión.
CIRCUITO PRIMARIO	Tubería, aislamiento y sistema de llenado	6	IV Ausencia de humedad y fugas
	Acumulador solar	3	Purgado de la acumulación de lodos de la parte inferior del Depósito.
CIRCUITO SECUNDARIO	Termómetro	Diaria	Temperatura
	Tubería y aislamiento	6	IV Ausencia de humedad y fugas
	Acumulador solar	3	Purgado de la acumulación de lodos de la parte inferior del Depósito

\*IV: inspección visual

#### 4.2. PLAN DE MANTENIMIENTO.

Son operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otros, que aplicados a la instalación deben permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación. El mantenimiento implicará, como mínimo, una revisión anual de la instalación para instalaciones con superficie de captación inferior a 20 m<sup>2</sup> y una revisión cada seis meses para instalaciones con superficie de captación superior a 20 m<sup>2</sup>.

El plan de mantenimiento debe realizarse por personal técnico competente que conozca la tecnología solar térmica y las instalaciones mecánicas en general. La instalación tendrá un libro de mantenimiento en el que se reflejen todas las operaciones realizadas así como el mantenimiento correctivo.

El mantenimiento ha de incluir todas las operaciones de mantenimiento y sustitución de elementos fungibles ó desgastados por el uso, necesarias para asegurar que el sistema funcione correctamente durante su vida útil. A continuación se desarrollan de forma detallada las operaciones de mantenimiento que deben realizarse en las instalaciones de energía solar térmica para producción de agua caliente, la periodicidad mínima



establecida (en meses) y observaciones en relación con las prevenciones a observar.

Tabla 4.2. Sistema de captación.

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Captadores	6	IV diferencias sobre original. IV diferencias entre captadores.
Cristales	6	IV condensaciones y suciedad
Juntas	6	IV agrietamientos, deformaciones
Absorbedor	6	IV corrosión, deformaciones
Carcasa	6	IV deformación, oscilaciones, ventanas de respiración
Conexiones	6	IV aparición de fugas
Estructura	6	IV degradación, indicios de corrosión, y apriete de tornillos
Captadores*	12	Tapado parcial del campo de Captadores
Captadores*	12	Destapado parcial del campo de Captadores
Captadores*	12	Vaciado parcial del campo de Captadores
Captadores*	12	Llenado parcial del campo de Captadores

IV: inspección visual

Tabla 4.3. Sistema de acumulación

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Depósito	12	Presencia de lodos en fondo
Ánodos sacrificio	12	Comprobación del desgaste
Anodos de corriente	12	Comprobación del buen Funcionamiento
Aislamiento	12	Comprobar que no hay humedad

Tabla 4.4. Sistema de intercambio.

<b>Equipo</b>	<b>Frecuencia (meses)</b>	<b>Descripción</b>
Intercambiador de placas	12	CF eficiencia y prestaciones
	12	Limpieza
Intercambiador de serpentín	12	CF eficiencia y prestaciones
	12	Limpieza

CF: control de funcionamiento

Tabla 4.5. Circuito hidráulico.

<b>Equipo</b>	<b>Frecuencia (meses)</b>	<b>Descripción</b>
Fluido refrigerante	12	Comprobar su densidad y pH
Estanqueidad	24	Efectuar prueba de presión
Aislamiento al exterior	6	IV degradación protección uniones y ausencia de humedad
Aislamiento al interior	12	IV uniones y ausencia de Humedad
Purgador automático	12	CF y limpieza
Purgador manual	6	Vaciar el aire del botellín
Bomba	12	Estanqueidad
Vaso de expansión cerrado	6	Comprobación de la presión
Vaso de expansión abierto	6	Comprobación del nivel
Sistema de llenado	6	CF actuación
Válvula de corte	12	CF actuaciones (abrir y cerrar) para evitar agarrotamiento
Válvula de seguridad	12	CF actuación

IV: inspección visual

CF: control de funcionamiento

Tabla 4.6. Sistema eléctrico y de control.

<b>Equipo</b>	<b>Frecuencia (meses)</b>	<b>Descripción</b>
Cuadro eléctrico	12	Comprobar que está siempre bien cerrado para que no entre Polvo
Control diferencial	12	CF actuación
Termostato	12	CF actuación
Verificación del sistema de Medida	12	CF actuación

CF: control de funcionamiento

Tabla 4.7. Sistema de energía auxiliar.

<b>Equipo</b>	<b>Frecuencia (meses)</b>	<b>Descripción</b>
Sistema auxiliar	12	CF actuación
Sondas de temperatura	12	CF actuación

CF: control de funcionamiento

Nota: Para las instalaciones menores de 20 m<sup>2</sup> se realizarán conjuntamente en la inspección anual las labores del plan de mantenimiento que tienen una frecuencia de 6 y 12 meses. No se incluyen los trabajos propios del mantenimiento del sistema auxiliar.

## **PLIEGO DE CONDICIONES DE LA INSTALACIÓN DE BIOMASA.**

## **1.- GENERALIDADES.**

### **1.1.- ÁMBITO DE APLICACIÓN.**

El ámbito de aplicación de las prescripciones Técnicas, se extiende a todas aquellas unidades y partidas que figuren en la presente licitación o a aquellas instalaciones que imponga el criterio de la propiedad en la fase de ejecución.

### **1.2.- MEDICIÓN Y VALORACIÓN.**

Se realizará con arreglo a las especificaciones desarrolladas en el documento de medición presupuesto y en su defecto se seguirán las directrices del Pliego de condiciones Administrativas. En los casos donde aparezcan en el presupuesto unidades que no figuren en el referido capítulo o que por sus características especiales no puedan considerarse suficientemente definidas, la medición se realizará de acuerdo con los criterios generales seguidos en la confección de la Medición y Presupuesto y con arreglo a las condiciones técnicas particulares de la instalación.

### **1.3.- MATERIALES Y APARATOS.**

Todos los materiales y equipos suministrados por la Empresa Instaladora deberán ser nuevos y de la calidad exigida por el Pliego de Condiciones. La oferta incluirá el transporte de los materiales a pie de obra, así como la mano de obra para el montaje de materiales y equipos y para las pruebas de recepción, equipada con las debidas herramientas, utensilios e instrumentos de medida. Se preestablecerá un lugar adecuado para el almacenamiento de los materiales, donde se encuentren debidamente preservados de los agentes externos.

### **1.4.- SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.**

Se cumplirá con lo establecido por el Reglamento de Seguridad e Higiene en el Trabajo y demás normativa en materia de seguridad.

### **1.5.-RESPONSABILIDADES.**

La Empresa Instaladora será responsable de la perfecta ejecución de la instalación proyectada de acuerdo al presente Pliego de Condiciones y memoria específica.

### **1.6.- NORMAS.**

Será de general aplicación la Normativa legal recogida en la presente memoria que le es de aplicación a la instalación proyectada en el mismo.

## **2.- CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES.**

### **2.1.- PROCEDENCIA Y CONDICIONES DE LOS MATERIALES.**

Todos los equipos y materiales que intervengan en las instalaciones objeto de esta licitación procederán de factorías que merezcan plena garantía, de primera calidad. Cumplirán con las condiciones que para cada uno de ellos se especifiquen en los artículos que siguen. El contratista presentará con la debida antelación a la propiedad cuantos materiales se vayan a emplear, para su reconocimiento y aprobación, sin la cual no se autorizará su colocación y puesta en obra, debiéndose demoler lo ejecutado con ellos.

### **2.2.- CALDERAS.**

Serán de un tipo registrado por el ministerio de Industria y Energía, y deberán ir provistas de los siguientes elementos:

- Utensilios necesarios para limpieza y conducción del fuego.
- Aparatos de medida de temperatura y altura que irán colocados en lugar visible.
- Termostato manual y de seguridad.
- Orificios de conexión de tuberías de ida y retorno.
- Orificio de conexión de gases quemados.

### **2.3.-QUEMADORES.**

Serán de un modelo homologado por el Ministerio de Industria y Energía y dispondrán de etiqueta de identificación energética. No presentarán en ninguna de sus partes deformaciones, fisuras, ni señales de haber sido sometidos a malos tratos antes o durante la instalación. Sus piezas y uniones serán perfectamente estancas.

### **2.4.- REGULACIÓN Y CONTROL.**

Termostatos y reguladores de temperatura ambiente conectados a un sistema de control centralizado. Los actuadores serán del tipo proporcional. Los reguladores tendrán salida proporcional y permitirán regulación entre 10 y 30 °C. El error máximo obtenido en laboratorio, entre la temperatura real existente y la indicada por el regulador una vez alcanzado el equilibrio, será como máximo de 1 °C. El diferencial estático de los termostatos no será superior a 1,5 °C. El termostato resistirá sin que sufran modificaciones sus

características, 10.000 ciclos de apertura-cierre, a la máxima carga prevista para el circuito mandado por el termostato.

## **2.5.- RECONOCIMIENTO DE LOS MATERIALES.**

Los equipos y materiales serán reconocidos por la Propiedad, antes de su empleo en la instalación, no constituyendo este reconocimiento aprobación definitiva. Independientemente de lo explícitamente indicado en cada clase de material, el instalador presentará oportunamente ante la propiedad muestras para su aprobación, las cuales se conservarán para comprobación en su día de los materiales que se empleen en la instalación.

## **3.- EJECUCIÓN Y CONTROL DE INSTALACIÓN.**

### **3.1.- TÉCNICO ENCARGADO DE LA INSTALACIÓN.**

El instalador está obligado a proponer un Técnico responsable de la ejecución de la instalación que mantendrá informada a la propiedad del desarrollo de la misma.

### **3.2.- CONDICIONES DE LA MANO DE OBRA.**

Con independencia de las estipulaciones del presente Pliego de Condiciones se exigirán las siguientes condiciones a todo el personal que trabaje en la obra:

#### **3.2.1.- Sanitarias.**

No padecer enfermedades infecto-contagiosas y estar física y mentalmente preparado para la ejecución de los trabajos que se le encomienden.

#### **3.2.2.- Profesionales.**

Todo el personal cualificado acreditará su categoría profesional, avalada por las corporaciones sindicales y colegiales competentes. Todo el personal pertenecerá a una empresa que tenga la calificación de instaladora por el ministerio de industria y energía.

#### **3.2.3.-Asistenciales.**

Estar debidamente asegurado según la legislación vigente.



### **3.3.- NORMAS GENERALES DE EJECUCIÓN.**

Las instalaciones se realizarán teniendo fundamentalmente que obtener un buen funcionamiento durante el período de vida de los equipos, siguiendo en general las instrucciones de los fabricantes de los equipos. La ejecución de la instalación se ajustará a planos y a las condiciones del presente documento, respetando marcas, modelos y tipo de equipos propuestos. Se protegerán todos los equipos contra entrada de cuerpos extraños.

En los circuitos de fluidos caloportadores se indicará el sentido de circulación de los mismos mediante el código de colores normalizados. Las válvulas de seguridad serán conducidas para evitar daños personales hacia sumideros visibles. Los aparatos se conectarán de forma que queden orientados adecuadamente y que no supongan un riesgo por su normal funcionamiento.

### **3.4.-CALDERAS.**

Se colocarán en su ubicación definitiva sobre una base incombustible e inalterable en las condiciones de funcionamiento de la caldera. Estarán equipadas con los elementos de seguridad y control que determine la normativa que le es de aplicación.

### **3.5.- RECEPCIÓN DE MATERIALES.**

A lo largo de la ejecución de la instalación se realizarán pruebas parciales, controles de recepción, etc., de todos los elementos que indique la propiedad. Terminada la instalación, será sometida en parte o en su conjunto a las pruebas que indique la propiedad, y que serán como mínimo las siguientes:

- Rendimiento.
- Funcionamiento de motores eléctricos.
- Comprobación de elementos de seguridad.

Ejecutadas las mencionadas pruebas se realizará la recepción provisional de la instalación con la cumplimentación de los siguientes documentos:

- Acta suscrita por director de obra y empresa instaladora.
- Resultado de las pruebas.
- Libro de mantenimiento.
- Copias del certificado de la instalación.

---

Pamplona, 14 de febrero del 2013, el Ingeniero Técnico Industrial

Fdo.: David Santos Galdeano



## ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

ENERGÍAS RENOVABLES COMO ALTERNATIVA EN UNA  
VIVIENDA UNIFAMILIAR.

### DOCUMENTO 4: PRESUPUESTO

Nombre y apellidos del alumno: David Santos Galdeano

Nombre y apellidos del tutor: Jorge Odériz Ezcurra

Pamplona, 14 de Febrero de 2013

---

ÍNDICE: PRESUPUESTO

1. RESUMEN DEL PRESUPUESTO.....	0
2. PRESUPUESTO POR CAPÍTULOS.....	1
2.1. Desmontaje.	
2.2. Instalación solar térmica.	
2.3. Instalación biomasa.	
2.4. Adaptación sala calderas.	

# PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 01 DESMONTAJE</b>				
01.01	<b>Ud Desmontaje caldera gasoil</b>			
	Desmontaje de caldera o grupo térmico a gasóleo y sus componentes, de 30 kW de potencia calorífica máxima, con medios manuales y mecánicos, previa desconexión de las redes de suministro y evacuación, y obturación de las conducciones conectadas a los elementos. Incluye precio de vaciado y traslado a punto limpio del contenido de la caldera, desmontaje de accesorios y soportes de fijación, limpieza, acopio, retirada y carga mecánica de escombros sobre camión o contenedor.			
		1,00	113,75	113,75
<b>TOTAL CAPÍTULO 01 DESMONTAJE .....</b>				<b>113,75</b>

# PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 02 INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA</b>				
02.01	<b>Ud Captador solar térmico Fagor Solaria 2.1 AI</b>			
	<p>Suministro e instalación de captador solar térmico completo para instalación individual, colocación sobre cubierta inclinada, de la marca Fagor y modelo Solaria 2.1 AI, formado por : un panel de 1900 x 1090 x 90 mm, superficie útil total 1,77 m<sup>2</sup>, rendimiento óptico 0,7296 y coeficiente de pérdidas primario 2,51 W/m<sup>2</sup>K<sup>2</sup>; cubierta transparente de vidrio templado de 3,2 mm de espesor; carcasa de aluminio anodizado de espesor 1,5 mm; como absorbedor aletas de cobre soldadas por ultrasonidos; aislamiento térmico que consta de poliuretano rígido inyectado (25 mm), lámina aluminio y lana mineral (25 mm). Su peso en vacío es de 38 kg, capacidad de fluido 1,18 l y la presión máxima de trabajo es de 8 bar. Admite agua o agua glicolada. Totalmente montado, conexionado y puesto en marcha por la empresa instaladora para la comprobación de su correcto funcionamiento.</p>	1,00	641,00	641,00
02.02	<b>Ud Fijaciones para captador solar térmico</b>			
	<p>Suministro y montaje del kit de fijación de la casa Fagor para un panel solar térmico sobre cubierta inclinada. Puesto en marcha por la empresa instaladora para la comprobación de su correcto funcionamiento.</p>	1,00	195,00	195,00
02.03	<b>Ud Interacumulador Fagor ISF 150M1</b>			
	<p>Suministro e instalación de interacumulador mural vertical de 150 litros de capacidad con serpentín interno. Cuba en acero vitrificado. Panel de control con termómetro. Ánodo de magnesio con medidor de carga para la protección catódica del depósito. Exterior de forro de polipropileno acolchado y desmontable. Dimensiones: Altura total 1.265 mm. Diámetro con aislamiento 560 mm. Peso en vacío 60 kg. Superficie intercambio 0,6 m<sup>2</sup>. Volumen serpentín 3,00 litros. Conexiones 3/4". Presión máxima de A.C.S. 8 bar. Temperatura máxima de acumulación de A.C.S. 90 °C.. Incluso válvulas de corte, elementos de montaje y demás accesorios necesarios para su correcto funcionamiento. Totalmente montado, conexionado y probado.</p>	1,00	975,00	975,00
02.04	<b>Ud Bomba de circulación Grundfos UPS 25 - 50</b>			
	<p>Suministro e instalación de bomba circuladora de la marca Grundfos, modelo UPS 25 - 50. Consta de un motor monofásico con 3 velocidades de funcionamiento; eje y cojinete radiales de cerámica; cojinete de empuje en carbono; soporte de cojinete en acero inoxidable; rotor y carcasa en acero inoxidable férreo; carcasa de la bomba en fundición. Temperatura del líquido de +2 °C a +110 °C, presión máxima del sistema 10 bar y motor protegido contra partículas que no necesita protección externa. Totalmente montada, conexionada y probada.</p>	1,00	233,30	233,30
02.05	<b>Ud Vaso de expansión Ibaiondo 8 CMR</b>			
	<p>Suministro e instalación de vaso de expansión de la marca Ibaiondo, modelo 8 CMR, cerrado con una capacidad de 8 l, fabricado en acero, de acuerdo a la Directiva Europea 97/23/CE de equipos a presión, a partir de dos fondos unidos entre sí mediante cordones de soldadura, realizado según procedimientos y personal homologado. La membrana está calculada y dimensionada para que, si se produjera una pérdida de aire a su alrededor, ocupe totalmente la superficie interna del depósito evitando de esta forma una rotura. El depósito va provisto en uno de sus fondos de una válvula debidamente protegida para la regulación de la presión de la cámara de aire. Precarga de aire 1,5 Bar. Aplicación final, sobre superficie fosfatada, de pintura epoxi, color rojo. Rango de temperatura de funcionamiento - 10C + 100C. Totalmente montado, conexionado y probado.</p>	1,00	25,83	25,83

# PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
02.06	<p><b>Ud Garrafa líquido solar Fagor 25 litros</b></p> <p>Suministro de líquido solar Fagor garrafa 25 litros para instalaciones forzadas. Contenido 25 litros de mezcla preparada. Protección anticongelante hasta -24 °C. Producto totalmente nuevo en su empaque original. Cumple con todos los mínimos de certificación exigibles.</p>	1,00	105,00	105,00
02.07	<p><b>Ud Sonda termométrica Fagor</b></p> <p>Suministro e instalación de sonda patrón de la casa Fagor de resistencia de platino con vaina metálica para altas temperaturas. Dimensiones vaina : diámetro 6,35 mm y longitud 450 mm. Rango de temperatura de -250 a 670 °C. Reproducibilidad de 0,002 °C. Platino de elevada pureza. Comprobación de su correcto funcionamiento y puesta a punto.</p>	1,00	45,00	45,00
02.08	<p><b>Ud Vaina sonda Fagor</b></p> <p>Suministro e instalación de vaina sonda de la marca Fagor, de acero inoxidable, con una longitud de la vaina de 100 mm, y longitud de rosca de 23 mm. Diámetro de la vaina es de 8 mm. Correctamente montado y comprobado.</p>	1,00	10,00	10,00
02.09	<p><b>Ud Regulador térmico Thermosun SDC 204</b></p> <p>Suministro e instalación de regulador térmico diferencial para instalaciones solares térmicas con pantalla digital, modelo SDC 204 de la marca Thermosun, de 175 x 135 x 55 mm, con reloj programador con 4 tipos de instalaciones preajustados, diferencial de temperatura de conexión ajustable, limitación de la temperatura máxima del depósito, sistema antibloqueo de la bomba, 2 salidas para relés y 4 sondas de temperatura Pt1000. Totalmente montado, conexionado y probado.</p>	1,00	248,00	248,00
02.10	<p><b>m Tubería de cobre con aislante Aeroline Split</b></p> <p>Suministro e instalación de tubería de distribución de mezcla de agua y anticongelante para circuito primario de sistemas solares térmicos, Aeroline Split con las siguientes especificaciones : doble tubo de cobre 12 mm aislado mediante coquilla flexible de espuma elastomérica y con el cable de la sonda de temperatura incorporado. Resistente a temperaturas pico de 175 °C. Resistente a los rayos UV y al ozono. Fácil montaje sin herramientas y sin soldaduras gracias al sistema ISICLICK. Incluye precio de material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales. Totalmente montada, conexionada y probada por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio).</p>	9,00	22,96	206,64
02.11	<p><b>Ud Válvula de retención Giacomini R623</b></p> <p>Suministro e instalación de válvula de retención de latón de la marca Giacomini para roscar de 1". El modelo R623 es el denominado antirretorno con doble retención. Datos técnicos : temperatura de ejercicio : 4° - 82°C, presión de ejercicio máxima : 2.1 MPa (21 bar), coeficiente de caudal Kv = 6,8. Incluye elementos de montaje y demás accesorios necesarios para su correcto funcionamiento. Totalmente montada, conexionada y probada.</p>	3,00	7,40	22,20



# PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
02.12	<b>Ud Válvula de seguridad Giacomini R140C</b>			
	Suministro e instalación de válvula de seguridad Giacomini R140C, de latón, con rosca de 1/2" de diámetro, tarada a 4 bar de presión. La temperatura de trabajo máxima es de 160°C, idónea para la utilización con agua y disolución de glicol (max. 50%). Incluye elementos de montaje y demás accesorios necesarios para su correcto funcionamiento. Totalmente montada, conexionada y probada.			
		9,00	14,76	132,84
02.13	<b>Ud Válvula mezcladora 3 vías Giacomini K297</b>			
	Suministro e instalación de válvula mezcladora de 3 vías a pistón de 1", Giacomini K297, con las siguientes especificaciones : temperatura máxima del fluido 140 °C, materiales latón y acero inoxidable, dimensiones entre salidas 105 x 65 mm, coeficiente de caudal Kv = 10. Incluye elementos de montaje y demás accesorios necesarios para su correcto funcionamiento. Totalmente montada, conexionada y probada.			
		1,00	264,43	264,43
02.14	<b>Ud Purgador de aire</b>			
	Suministro e instalación de purgador automático de aire por flotador y rosca de 3/8" de diámetro, cuerpo y tapa de latón, para una presión máxima de trabajo de 10 bar y una temperatura máxima de 110°C, de posición vertical y válvula de obturación incorporada. Incluye elementos de montaje y demás accesorios necesarios para su correcto funcionamiento. Totalmente montado, conexionado y probado.			
		1,00	6,82	6,82
02.15	<b>Ud Manómetro vertical Salvador Escoda</b>			
	Suministro de manómetro vertical de la marca Salvador Escoda, con rosca 1/2", diámetro 80 mm y rango de presión 0 - 40 bar. Incluye elementos de montaje y demás accesorios necesarios para su correcto funcionamiento. Totalmente montada, conexionada y probada.			
		1,00	9,15	9,15
02.16	<b>Ud Termómetro vertical Salvador Escoda</b>			
	Suministro de termómetro de la marca Salvador Escoda, vertical, conexión 1/2", de 80 mm de diámetro y 50 mm de longitud, abarca un rango de temperaturas de - 20 °C hasta 120 °C. Incluye elementos de montaje y demás accesorios necesarios para su correcto funcionamiento. Totalmente montada, conexionada y probada.			
		2,00	21,33	42,66
02.17	<b>Montaje de los elementos</b>			
	El montaje de los diferentes elementos de los que consta la instalación solar térmica, viene incluido en el coste de cada partida por lo que la empresa proveedora de cada artículo es la que se hará cargo de su correcta aplicación así como de quedar responsable de proporcionar a los empleados cualificados que se requieran.			
		0,00	0,00	0,00
<b>TOTAL CAPÍTULO 02 INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA.....</b>				<b>3.162,87</b>

# PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 03 INSTALACIÓN BIOMASA</b>				
03.01	<b>Ud Caldera de pellets Ökofen Pellematic PE15</b>  Suministro e instalación de caldera para la combustión de pellets, potencia útil de 15 kW, modelo Pellematic PE15 de Ökofen. Dimensiones 700 x 814 x 1090 mm, aprovecha al máximo los espacios al poder ensamblar el quemador por el lado derecho o izquierdo; cuenta con plato de combustión, luego no es necesaria una limpieza mecánica de las cenizas, además de consumir un mínimo de energía de 250 W gracias a su encendido electrónico. Posee un contenedor de cenizas de gran capacidad con rejilla compresora, y un regulador compacto del circuito de calefacción, integrado y adaptable para ACS e instalaciones solares. La cámara de combustión es de acero inoxidable con triple sistema de expulsión de cenizas, y dispositivo de limpieza automático. Protegida contra llama de retorno por una llave de bola con dos superficies de cierre hermético. Totalmente montada, conexiada y puesta en marcha por la empresa instaladora para la comprobación de su correcto funcionamiento.	1,00	7.675,00	7.675,00
03.02	<b>Ud Silo flexible Ökofen S220H</b>  Suministro e instalación de depósito de superficie para almacenaje de pellets (silo flexible), confeccionado con un tejido de poliéster de alta calidad y resistencia que ofrece numerosas ventajas: un montaje rápido, permeabilidad al aire y al mismo tiempo impide el filtrado de polvo hacia el exterior, propiedades antiestáticas de alta durabilidad y posibilidad de instalación externa. Dimensiones 2,3 x 2,3 x 1,97 m, y capacidad entre 3,1 y 3,6 t. Totalmente montado, conexionado y probado.	1,00	1.435,00	1.435,00
03.03	<b>Ud Sistema de alimentación mediante tornillo sinfín Ökofen ST220</b>  Suministro e instalación de alimentador de pellets, estándar, apto para caldera de biomasa de la marca Ökofen Pellematic PE15 de potencia 15 kW, con tornillo sinfín de 2,2 m de longitud, con soportes, juntas reforzadas y conexión con el quemador de la caldera. Totalmente montado, conexionado y probado.	1,00	862,00	862,00
03.04	<b>Ud Sistema de control Ökofen Pelletronic 1 Plus</b>  Suministro e instalación de control centralizado de la instalación de calefacción y A.C.S., para caldera, circuito de radiadores y la producción de A.C.S., compuesto por central de regulación electrónica para calefacción y A.C.S.. Consta de programas personalizados de temporización y regulación de temperatura para los circuitos, limitación de la temperatura automático, adaptación a la curva termica y optimización del tiempo de calefacción. Visualización permanente de la temperatura y del estado de funcionamiento, sin desmontajes ni accesorios suplementarios. Totalmente montado, conexionado y probado.	1,00	465,00	465,00
03.05	<b>Montaje de los elementos</b>  El montaje de los diferentes elementos de los que consta la instalación de biomasa, viene incluido en el coste de cada partida por lo que la empresa proveedora de cada artículo es la que se hará cargo de su correcta aplicación así como de quedar responsable de proporcionar a los empleados cualificados que se requieran.	0,00	0,00	0,00
<b>TOTAL CAPÍTULO 03 INSTALACIÓN BIOMASA.....</b>				<b>10.437,00</b>

# PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 04 ADAPTACIÓN SALA DE CALDERAS</b>				
04.01	<b>Ud Puerta Padilla RF 60</b>			
	Suministro y colocación de block de puerta cortafuegos de la marca Padilla EI2 60-C5 homologada de una hoja. Con forma de marco de cerco tubular de 1,2 mm de espesor, grosor de la hoja 53 mm, grosor de la chapa 0,7 mm, núcleo de lana de roca de 150 kg/m3, consta de dos bisagras de acero galvanizado. Incluso barnizado/pintado ignífugo, manillas, cierre puertas aéreo sin retenedor y junta isotónica e ignífuga embutida en el batiente. Elaborado en taller, ajuste y fijación en obra. Totalmente montado y probado.			
		2,00	250,00	500,00
04.02	<b>Tabiquería vestíbulo independencia</b>			
	Suministro y montaje de partición ( separación entre espacio habitable y nueva sala de calderas ), sistema tabique de 22 cm de espesor total, de termoarcilla de 19 cm de espesor y enlucido de yeso a dos caras de 1,5 cm de espesor cada una. Incluye el precio de replanteo de las zonas de paso y huecos; colocación de la banda fonoaislante bicapa, en la superficie de contacto del panel con el paramento horizontal inferior; tratamiento de juntas con pasta de yeso; colocación de banda elástica, en la superficie de contacto del panel con el paramento vertical, el paramento horizontal superior u otros elementos constructivos; refuerzo en los encuentros con adhesivo de unión, cinta autoadhesiva de celulosa y cinta de juntas; tratamiento de las zonas de paso y huecos; ejecución de ángulos; recibido de las cajas para alojamiento de mecanismos eléctricos y de paso de instalaciones, previo replanteo de su ubicación en los paneles y perforación de los mismos y limpieza final. Totalmente terminado y listo.			
		1,00	315,00	315,00
04.03	<b>Ud Rejilla para ventilación natural</b>			
	Suministro y montaje de rejilla de ventilación de lamas fijas de acero galvanizado, con plegadura sencilla en los bordes. Incluso soportes del mismo material, patillas para anclaje a los paramentos, sellado perimetral de juntas por medio de un cordón de silicona neutra, accesorios y remates. Elaborada en taller, totalmente montada.			
		2,00	100,00	200,00
04.04	<b>Ud Extintor de polvo</b>			
	Suministro y colocación de extintor portátil de polvo químico ABC polivalente antibrasa, con presión incorporada, de eficacia 21A-113B-C, con 6 kg de agente extintor, con manómetro y manguera con boquilla difusora. Incluso soporte y accesorios de montaje. Totalmente montado.			
		1,00	20,00	20,00
<b>TOTAL CAPÍTULO 04 ADAPTACIÓN SALA DE CALDERAS.....</b>				<b>1.035,00</b>
<b>TOTAL.....</b>				<b>14.748,62</b>

## RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	EUROS
01	DESMONTAJE .....	113,75
02	INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA .....	3.162,87
03	INSTALACIÓN BIOMASA .....	10.437,00
04	ADAPTACIÓN SALA DE CALDERAS .....	1.035,00
<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>		<b>14.748,62</b>
	10,00 % Gastos generales .....	1.474,86
	5,00 % Beneficio industrial .....	737,43
SUMA DE G.G. y B.I.		2.212,29
	21,00 % I.V.A. ....	3.561,79
<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b>		<b>20.522,70</b>
<b>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL</b>		<b>20.522,70</b>

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de VEINTE MIL QUINIENTOS VEINTIDOS EUROS con SETENTA CÉNTIMOS

Pamplona, a 21 de enero de 2013.

**El redactor del proyecto,**

David Santos Galdeano



## ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

ENERGÍAS RENOVABLES COMO ALTERNATIVA EN UNA  
VIVIENDA UNIFAMILIAR.

### DOCUMENTO 5: ANEXOS

Nombre y apellidos del alumno: David Santos Galdeano

Nombre y apellidos del tutor: Jorge Odériz Ezcurra

Pamplona, 14 de Febrero de 2013

## ÍNDICE: ANEXOS

1. CAPITULO 1. CUMPLIMIENTO DE LA SECCIÓN HE-1 DEL C.T.E.....	1
1.1. Cálculo de la instalación de calefacción.	
1.1.1. Introducción.	
1.1.2. Pérdidas de calor sensible por transmisión.	
1.1.3. Cálculo de los cerramientos de la vivienda.	
1.1.3.1. Cerramientos en contacto con el aire exterior.	
1.1.3.2. Cerramientos en contacto con el terreno.	
1.1.3.3. Particiones interiores en contacto con espacios no habitables.	
1.1.3.4. Transmitancia térmica de huecos.	
1.1.4. Cálculo de las pérdidas por transmisión.	
2. CAPITULO 2. CÁLCULOS.....	8
2.1. Energía solar térmica.	
2.1.1. Captador solar.	
2.1.1.1. Cálculo del área.	
2.1.1.2. Colocación.	
2.1.2. Intercambiador.	
2.1.3. Tubería.	
2.1.4. Bomba.	
2.1.5. Vaso de expansión.	
2.1.6. Aislante.	
2.2. Energía de biomasa.	
2.2.1. Caldera.	
2.2.2. Silo.	
3. CAPITULO 3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	23
3.1. Energía solar térmica.	
3.1.1. Captador solar.	

- 3.1.2. Interacumulador.
- 3.1.3. Bomba de circulación.
- 3.1.4. Vaso de expansión.
- 3.1.5. Tubería preaislada.
- 3.2. Energía de biomasa.
  - 3.2.1. Caldera de pellets.
  - 3.2.2. Silo.
  - 3.2.3. Regulador Pelletronic plus.
- 3.3. Vestíbulo de independencia.
  - 3.3.1. Puerta separadora.
  - 3.3.2. Rejilla.



# 1. CUMPLIMIENTO DE LA SECCIÓN HE – 1 DEL C.T.E. : “LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA”

## 1.1 CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN.

### 1.1.1 Introducción.

Vamos a proceder a estudiar la sección HE – 1 del Código Técnico, para asegurarnos su cumplimiento. De la misma manera, calcularemos la instalación de calefacción, necesaria para poder elegir la potencia de la caldera. Este cálculo lo realizaremos de manera exacta analizando las transmitancias de la vivienda y sus pérdidas de calor. Como datos de partida, al estar situados en Navarra, en la población de Echávarri, nos corresponde una zona climática D1, con temperatura interior de 21 °C y exterior tomada como valor de referencia de 4,5 °C.

### 1.1.2 Pérdidas de calor sensible por transmisión.

La pérdida de calor por transmisión es la suma de las pérdidas producidas a través de las paredes exteriores, suelos, techos, ventanas y puertas. La expresión para calcularla es :

$$Q_{st} = S_i [m^2] \times U_i [W / (m^2 K)] \times (t_{interior} - t_{exterior}) [^{\circ}C]$$

$U_i$  es el coeficiente de transmisión superficial de calor, llamado transmitancia.

$S_i$  es la superficie neta del componente correspondiente al coeficiente  $U_i$ .

$t_{interior}$  es la temperatura interior de diseño.

$t_{exterior}$  es la temperatura exterior al cerramiento (de un espacio adyacente o del exterior).

En los sucesivos apartados calcularemos todos los valores necesarios para el cálculo de las pérdidas.

### 1.1.3 Cálculo de los cerramientos de la vivienda.

#### 1.1.3.1 Cerramientos en contacto con el aire exterior.

Este cálculo es aplicable a la parte opaca de todos los cerramientos en contacto con el aire exterior tales como muros de fachada, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior.

La transmitancia térmica  $U$  ( $W/m^2K$ ) viene dada por la siguiente expresión:

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (E.1)$$

siendo  $R_T$  la resistencia térmica total del componente constructivo [ $m^2 K/ W$ ].

La resistencia térmica total  $R_T$  de un componente constituido por capas térmicamente homogéneas debe calcularse mediante la expresión:

$$R_t = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

siendo

$R_1, R_2 \dots R_n$  las resistencias térmicas de cada capa [ $m^2 \text{ K/W}$ ];  $R_{si}$  y  $R_{se}$  las resistencias térmicas superficiales correspondientes al aire interior y exterior respectivamente, tomadas de la tabla E.1 de acuerdo a la posición del cerramiento, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio [ $m^2 \text{ K/W}$ ].

La resistencia térmica de una capa térmicamente homogénea viene definida por la expresión:

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

siendo

e el espesor de la capa [m].

$\lambda$  la conductividad térmica de diseño del material que compone la capa, calculada a partir de valores térmicos declarados según la norma UNE EN ISO 10 456:2001 o tomada de Documentos Reconocidos, [ $\text{W/m K}$ ].

**Tabla E.1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en  $m^2\text{K/W}$**

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	Rse	Rsi
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo horizontal	0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente	0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente	0,04	0,17

Atendiendo a la metodología anterior procedemos al cálculo de este tipo de cerramientos :

	Material	Espesor (L) en m	Coefficiente de conductividad térmica ( $\lambda$ ) (W / m K)	Resistencia térmica ( R ) $m^2 K / W$	U (transmitancia térmica) W / $m^2 K$
<b>FACHADA</b>	Cotegran	0,015	1,3	0,0115	0,9390
	Termoarcilla	0,24	0,28	0,8571	
	Enlucido	0,015	0,57	0,0263	
Suma:		0,27		0,8950	

Resistencia térmica superficial ( $m^2 K / W$ ) =  $[R_{se} + R_{si}] = 0,17$

	Material	Espesor (L) en m	Coefficiente de conductividad térmica ( $\lambda$ ) (W / m K)	Resistencia térmica ( R ) $m^2 K / W$	U (transmitancia térmica) W / $m^2 K$
<b>CUBIERTA</b>	Yeso	0,015	0,3	0,0500	0,2853
	Forjado de vigueta y bovedilla	0,3	0,9375	0,3200	
	Tablero CELETYP	0,1	0,5	0,2000	
	Hormigón armado	0,05	2,3	0,0217	
	Poliestireno extruido	0,08	0,029	2,7586	
	Teja cerámica	0,015	1	0,0150	
Suma:		0,315		3,3654	

Resistencia térmica superficial ( $m^2 K / W$ ) =  $[R_{se} + R_{si}] = 0,14$

### 1.1.3.2 Cerramientos en contacto con el terreno.

La transmitancia térmica  $U_s$  ( $W/m^2K$ ) se obtendrá de la tabla E.3 en función del ancho D de banda de aislamiento perimétrico, de la resistencia térmica del aislante  $R_a$  y la longitud característica  $B'$  de la solera o losa.

Se define la longitud característica  $B'$  como el cociente entre la superficie del suelo y la longitud de su semiperímetro, según la expresión:

$$B' = \frac{A}{\frac{1}{2}P} \quad (E.4)$$

siendo

P la longitud del perímetro de la solera [m];

A el área de la solera [ $m^2$ ].

Para soleras o losas con aislamiento continuo en toda su superficie se tomarán los valores de la columna D  $\geq 1,5$  m.

Tabla E.3 Transmitancia térmica  $U_s$  en  $W/m^2 K$ 

B'	$R_a$ 0,00	D = 0.5 m					D = 1.0 m					D ≥ 1.5 m				
		$R_a$ ( $m^2 K/W$ )					$R_a$ ( $m^2 K/W$ )					$R_a$ ( $m^2 K/W$ )				
		0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50
1	2,35	1,57	1,30	1,16	1,07	1,01	1,39	1,01	0,80	0,66	0,57	-	-	-	-	-
5	0,85	0,69	0,64	0,61	0,59	0,58	0,65	0,58	0,54	0,51	0,49	0,64	0,55	0,50	0,47	0,44
6	0,74	0,61	0,57	0,54	0,53	0,52	0,58	0,52	0,48	0,46	0,44	0,57	0,50	0,45	0,43	0,41
7	0,66	0,55	0,51	0,49	0,48	0,47	0,53	0,47	0,44	0,42	0,41	0,51	0,45	0,42	0,39	0,37
8	0,60	0,50	0,47	0,45	0,44	0,43	0,48	0,43	0,41	0,39	0,38	0,47	0,42	0,38	0,36	0,35
9	0,55	0,46	0,43	0,42	0,41	0,40	0,44	0,40	0,38	0,36	0,35	0,43	0,39	0,36	0,34	0,33
10	0,51	0,43	0,40	0,39	0,38	0,37	0,41	0,37	0,35	0,34	0,33	0,40	0,36	0,34	0,32	0,31
12	0,44	0,38	0,36	0,34	0,34	0,33	0,36	0,33	0,31	0,30	0,29	0,36	0,32	0,30	0,28	0,27
14	0,39	0,34	0,32	0,31	0,30	0,30	0,32	0,30	0,28	0,27	0,27	0,32	0,29	0,27	0,26	0,25
16	0,35	0,31	0,29	0,28	0,27	0,27	0,29	0,27	0,26	0,25	0,24	0,29	0,26	0,25	0,24	0,23
18	0,32	0,28	0,27	0,26	0,25	0,25	0,27	0,25	0,24	0,23	0,22	0,27	0,24	0,23	0,22	0,21
≥20	0,30	0,26	0,25	0,24	0,23	0,23	0,25	0,23	0,22	0,21	0,21	0,25	0,22	0,21	0,20	0,20

	Material	Espesor (L) en m	Coefficiente de conductividad térmica ( $\lambda$ ) ( $W / m K$ )	Resistencia térmica ( R ) $m^2 K / W$	U (transmitancia térmica) $W / m^2 K$
SOLERA	Grava 20/40 mm	0,15	0,702	0,2137	0,66
	Hormigón HA-25	0,15	2,3	0,0652	
	Recricido síliceo	0,08	0,41	0,1951	
Suma:		0,38		0,4740	

$$A = 71,29 \quad P = 40,96$$

$$B' = A / (0,5 * P) = 3,48$$

### 1.1.3.3 Particiones interiores en contacto con espacios no habitables

Para el cálculo de la transmitancia  $U$  ( $W/m^2 K$ ) se consideran en este apartado el caso de cualquier partición interior en contacto con un espacio no habitable que a su vez esté en contacto con el exterior.

Se excluyen de este apartado los vacíos o cámaras sanitarias.

La transmitancia térmica  $U$  ( $W/m^2 K$ ) viene dada por la siguiente expresión:

$$U = U_p b$$

siendo

$U_p$  la transmitancia térmica de la partición interior en contacto con el espacio no habitable, calculada según el procedimiento habitual, tomando como resistencias superficiales los valores de la tabla E.6. [ $m^2 K/W$ ];

$b$  el coeficiente de reducción de temperatura (relacionado al espacio no habitable) obtenido por la tabla E.7 para los casos concretos que se citan o mediante el procedimiento descrito.

**Tabla E.6 Resistencias térmicas superficiales de particiones interiores en m<sup>2</sup>K/W**

Posición de la <i>partición interior</i> y sentido del flujo de calor	$R_{se}$	$R_{si}$
<i>Particiones interiores</i> verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo horizontal	0,13	0,13
<i>Particiones interiores</i> horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente	0,10	0,10
<i>Particiones interiores</i> horizontales y flujo descendente	0,17	0,17

El coeficiente de reducción de temperatura  $b$  para espacios adyacentes no habitables (trasteros, despensas, garajes adyacentes...) y espacios no acondicionados bajo cubierta inclinada se podrá obtener de la tabla E.7 en función de la situación del aislamiento térmico (véase figura E.6), del grado de ventilación del espacio y de la relación de áreas entre la partición interior y el cerramiento ( $A_{iu}/A_{ue}$ ).

Se distinguen dos grados de ventilación en función del nivel de estanqueidad del espacio:

CASO 1 espacio ligeramente ventilado, que comprende aquellos espacios con un nivel de estanqueidad 1, 2 o 3;

CASO 2 espacio muy ventilado, que comprende aquellos espacios con un nivel de estanqueidad 4 o 5.

Tabla E.7 Coeficiente de reducción de temperatura b

$A_{iu}/A_{ue}$	No aislado <sub>ue</sub> - Aislado <sub>iu</sub>		No aislado <sub>ue</sub> - No aislado <sub>iu</sub>		Aislado <sub>ue</sub> - No aislado <sub>iu</sub>	
	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2
<0.25	0,99	1,00	0,94	0,97	0,91	0,96
0.25 ≤ 0.50	0,97	0,99	0,85	0,92	0,77	0,90
0.50 ≤ 0.75	0,96	0,98	0,77	0,87	0,67	0,84
0.75 ≤ 1.00	0,94	0,97	0,70	0,83	0,59	0,79
1.00 ≤ 1.25	0,92	0,96	0,65	0,79	0,53	0,74
1.25 ≤ 2.00	0,89	0,95	0,56	0,73	0,44	0,67
2.00 ≤ 2.50	0,86	0,93	0,48	0,66	0,36	0,59
2.50 ≤ 3.00	0,83	0,91	0,43	0,61	0,32	0,54
>3.00	0,81	0,90	0,39	0,57	0,28	0,50

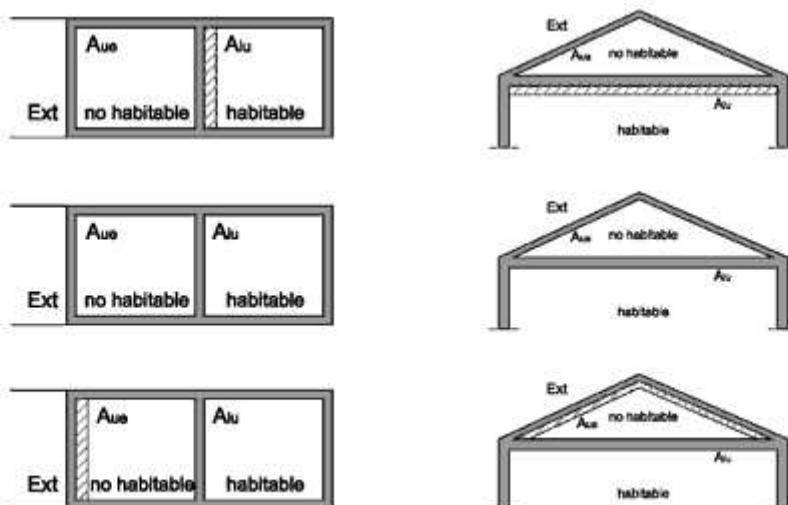


Figura E.6 Espacios habitables en contacto con espacios no habitables

NOTA: El subíndice *ue* se refiere al cerramiento entre el espacio no habitable y el exterior;

El subíndice *iu* se refiere a la partición interior entre el espacio habitable y el espacio no habitable.

DIVISIÓN INTERIOR SEPARACIÓN	Material	Espesor (L) en m	Coeficiente de conductividad térmica ( $\lambda$ ) (W / m K)	Resistencia térmica (R) m <sup>2</sup> K / W	Up (transmitancia térmica) W / m <sup>2</sup> K
	Enlucido	0,015	0,57	0,0263	0,8549
	Termoarcilla	0,24	0,28	0,8571	
	Enlucido	0,015	0,57	0,0263	
Suma:		0,27		0,9098	

$$\text{Resistencia térmica superficial (m}^2 \text{ K / W)} = [R_{se} + R_{si}] = 0,26$$

$$U = U_p * b = 0,8549 * 0,79 = 0,6754$$

#### 1.1.3.4 Transmitancia térmica de huecos.

La transmitancia de ventanas y puertas viene dada por el fabricante en todos los elementos, por lo que no tendremos que calcularla, sino que utilizaremos ese dato proporcionado para obtener la pérdida de calor.

### 1.1.4 Cálculo de las pérdidas por transmisión.

Con los valores obtenidos de transmitancias de los cerramientos, se puede proceder al cálculo de las pérdidas por transmisión a través de esos cerramientos. La fórmula que utilizaremos en cada uno de ellos es la siguiente:

$$Q_{st} = S_i [m^2] \times U_i [W / (m^2 K)] \times (t_{interior} - t_{exterior}) [^{\circ}C]$$

Tipo cerramiento	Superficie m <sup>2</sup>	U (transmitancia térmica) W/m <sup>2</sup> K	T°int °C	T°ext °C	T°int- T°ext °C	QT = S*U*(T°int-T°ext) W
Fachada	70,22	0,9390	21	4,5	16,5	1087,95
División interior entre vivienda y sala caldera	26,16	0,6754	21	10	11	194,35
Ventanas	12,82	2,9	21	4,5	16,5	613,44
Puerta principal	2,09	3,1	21	4,5	16,5	106,90
Puerta comunicación	1,73	3,1	21	10	11	58,99
Solera	71,29	0,66	21	4,5	16,5	776,35
Cubierta	71,29	0,2853	21	4,5	16,5	335,59
Suma =						3143,58

Como vemos el resultado final es de 3.143,58 W, con lo que para nuestros cálculos emplearemos una potencia nominal de 3,14 kW.



## 2. CÁLCULOS.

### 2.1 ENERGÍA SOLAR TÉRMICA.

#### 2.1.1 Captador solar.

##### 2.1.1.1 Cálculo del área.

Primero tendremos que conseguir saber la zona climática a la que pertenece la ubicación de la vivienda, ya que para cada zona se asumirán unos valores u otros. Si observamos el mapa 3.1, situaremos la vivienda en la zona climática II.



Fig. 3.1. Zonas climáticas

Para valorar las demandas se tomarán los valores unitarios que aparecen en la siguiente tabla (Demanda de referencia a 60 °C).

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60° C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ****	70	por cama
Hotel ***	55	por cama
Hotel/Hostal **	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Administrativos	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

Luego, al ser cuatro personas y una vivienda unifamiliar, tendremos como resultado 120 litros diarios. La contribución solar mínima anual es la fracción entre los valores anuales de la energía solar aportada exigida y la demanda energética anual, obtenidos a partir de los valores mensuales. Considerándose los siguientes casos:

- General: suponiendo que la fuente energética de apoyo sea gasóleo, propano, gas natural, u otras.
- Efecto Joule: suponiendo que la fuente energética de apoyo sea electricidad mediante efecto Joule.

Tabla 2.1. Contribución solar mínima en %. Caso general

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-5.000	30	30	50	60	70
5.000-6.000	30	30	55	65	70
6.000-7.000	30	35	61	70	70
7.000-8.000	30	45	63	70	70
8.000-9.000	30	52	65	70	70
9.000-10.000	30	55	70	70	70
10.000-12.500	30	65	70	70	70
12.500-15.000	30	70	70	70	70
15.000-17.500	35	70	70	70	70
17.500-20.000	45	70	70	70	70
> 20.000	52	70	70	70	70

Tabla 2.2. Contribución solar mínima en %. Caso Efecto Joule

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-1.000	50	60	70	70	70
1.000-2.000	50	63	70	70	70
2.000-3.000	50	66	70	70	70
3.000-4.000	51	69	70	70	70
4.000-5.000	58	70	70	70	70
5.000-6.000	62	70	70	70	70
> 6.000	70	70	70	70	70

Al ser zona climática II y estar apoyada mediante caldera de biomasa, entonces miramos la tabla primera (2.1). Por ser una vivienda de 4 personas, según el cálculo

anterior, la demanda de ACS será de 30 l/persona (120 l/día), entre 50 y 5.000 l/día. Luego la contribución solar mínima tiene que ser del 30%.

Con independencia del uso al que se destine la instalación, en el caso de que en algún mes del año la contribución solar real sobrepase el 110 % de la demanda energética o en más de tres meses seguidos el 100 %, se adoptarán cualquiera de las siguientes medidas:

- a. Dotar a la instalación de la posibilidad de disipar dichos excedentes (a través de equipos específicos o mediante la circulación nocturna del circuito primario).
- b. Tapado parcial del campo de captadores. En este caso el captador está aislado del calentamiento producido por la radiación solar y a su vez evacua los posibles excedentes térmicos residuales a través del fluido del circuito primario (que seguirá atravesando el captador).
- c. Vaciado parcial del campo de captadores. Esta solución permite evitar el sobrecalentamiento, pero dada la pérdida de parte del fluido del circuito primario, debe ser repuesto por un fluido de características similares debiendo incluirse este trabajo en ese caso entre las labores del contrato de mantenimiento.
- d. Desvío de los excedentes energéticos a otras aplicaciones existentes.

Al realizar los cálculos con el programa basado en el CTE, obtenemos los siguientes resultados.

David Santos Galdeano  
 Estudiante

 Energías renovables como alternativa en una vivienda unifamiliar  
 Cálculo y verificación  
 Echávarri - Navarra  
 11/10/2012

**PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE POR MEDIO DE ENERGÍA SOLAR CTE DB-HE-4**

Cálculos de superficie de captación para la producción de agua caliente sanitarias, con el objetivo de cumplir con la contribución marcada por la fracción solar mínima establecida en el CTE.

**DATOS DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL CONSUMO.**

La tipología de edificio es : **Viviendas unifamiliares**

El edificio dispone de :1 viviendas con 3 dormitorios,  
para lo que el CTE establece 4 personas por vivienda.

Con lo que nos resulta un número de 4 personas.

Con un consumo previsto de 30 litros por persona.

La Temperatura de utilización prevista es de 60 °C.

Consumo total = 120 litros por día.



DATOS GEOGRÁFICOS	
Provincia:	NAVARRA
Latitud de cálculo:	43°
Zona Climática :	II

Los porcentajes de utilización a lo largo del año previstos son:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	Jul	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
% de ocupación:	50	50	60	70	70	90	95	95	80	60	50	50

**CÁLCULO DE LA DEMANDA DE ENERGÍA**

	CÁLCULO ENERGÉTICO											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	Jul	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Días por mes:	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Consumo de agua [L/día]:	60	60	72	84	84	108	114	114	96	72	60	60
Tª. media agua red [°C]:	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5
Incremento Ta. [°C]:	55	54	52	50	49	48	47	48	49	50	52	55
Demanda Ener. [KWh]:	119	105	135	146	148	180	193	197	164	129	109	119

**Total demanda energética anual: 1.743 KWh**

David Santos Galdeano  
 Estudiante

 Energías renovables como alternativa en una vivienda unifamiliar  
 Cálculo y verificación  
 Echávarri - Navarra  
 11/10/2012

**DATOS RELATIVOS AL SISTEMA**

DATOS DEL CAPTADOR SELECCIONADO		Factor de eficiencia óptica	0,730
Modelo	FAGOR SOLARIA-2.1 AL	Coefficiente global de pérdidas	2,510 W/(m²·°C)
Dimensiones:	1,090 m x 1,90 m.	Área Útil	1,77 m².

**1 captadores con un área útil de captación de 1.77 m2. Volumen de acumulación ACS de 140 l**

Datos de posición		Pérdidas en el caso General	
Inclinación:	45 °	Pérdidas por inclinación. (óptima 45°)	0,00%
Desorientación con el sur:	0 °	Pérdidas por desorientación con el sur:	0,00%
		Pérdidas por sombras	0 %

Se hace un cálculo de pérdida por orientación con respecto a Sur a través de la formula por  $= 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot a^2$ .

Se hace un cálculo del valor de pérdidas por inclinación del captador, diferente a la óptima (la latitud 45°), a partir de una media ponderada de los valores de pérdida por inclinación comparados con la orientación óptima. Los datos de pérdida por inclinación sobre una superficie horizontal se han extraído de las tablas Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura del IDAE. Contienen datos en intervalos de 5°, por ello nos calculan pérdidas en función a ese incremento.

Constantes consideradas en el cálculo	
Factor corrector conjunto captador-intercambiador	0.95
Modificador del ángulo de incidencia	0.96
Temperatura mínima ACS	45°

CÁLCULO ENERGÉTICO MEDIANTE EL MÉTODO F-CHART												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Rad. horiz. [kWh/m²·mes]:	43,09	57,68	106,02	120,90	147,25	157,50	176,39	156,86	135,00	87,73	50,10	38,75
Coef. K. incl[45°] lat[43°]	1,45	1,33	1,19	1,05	0,95	0,91	0,95	1,06	1,24	1,45	1,59	1,57
Rad. inclin. [kWh/m²·mes]:	62,48	76,71	126,16	126,95	139,89	143,33	167,57	166,27	167,40	127,21	79,66	60,84
Deman. Ener. [KWh]:	119	105	135	146	148	180	193	197	164	129	109	119
Ener. Ac. Cap. [KWh/mes]:	74	90	149	150	165	169	197	196	197	150	94	72
D1=EA/DE	0,62	0,86	1,10	1,02	1,11	0,94	1,02	1,00	1,20	1,16	0,86	0,60
K1	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
K2	0,76	0,80	0,82	0,87	0,87	0,84	0,86	0,81	0,80	0,84	0,84	0,76
Ener. Per. Cap. [KWh/mes]:	224	213	231	233	231	208	212	200	196	227	231	224
D2=EP/DE	1,89	2,03	1,72	1,60	1,56	1,15	1,10	1,02	1,20	1,75	2,13	1,89
f	0,43	0,59	0,76	0,72	0,77	0,69	0,75	0,74	0,85	0,79	0,59	0,42
EU=f*DE	51	62	102	105	115	125	145	145	139	102	64	50

**Total producción energética útil anual: 1.205 KWh**



David Santos Galdeano  
 Estudiante

 Energías renovables como alternativa en una vivienda unifamiliar  
 Cálculo y verificación  
 Echávarri - Navarra  
 11/10/2012

**RESULTADOS**
**RESULTADO OBTENIDOS**

Total demanda energética anual:	1.743 kWh
Total producción energética útil anual:	1.205 kWh
Factor F anual aportado de:	69%

**EXIGENCIAS DEL CTE**

Zona climática tipo:	II
Sistema de energía de apoyo tipo:	General: gasóleo, propano, gas natural, u otras
Contribución Solar Mínima:	30%

**CUMPLE LAS EXIGENCIAS DEL CTE**
**EXIGENCIAS DEL CTE Respecto al límite de pérdidas por orientación o inclinación**

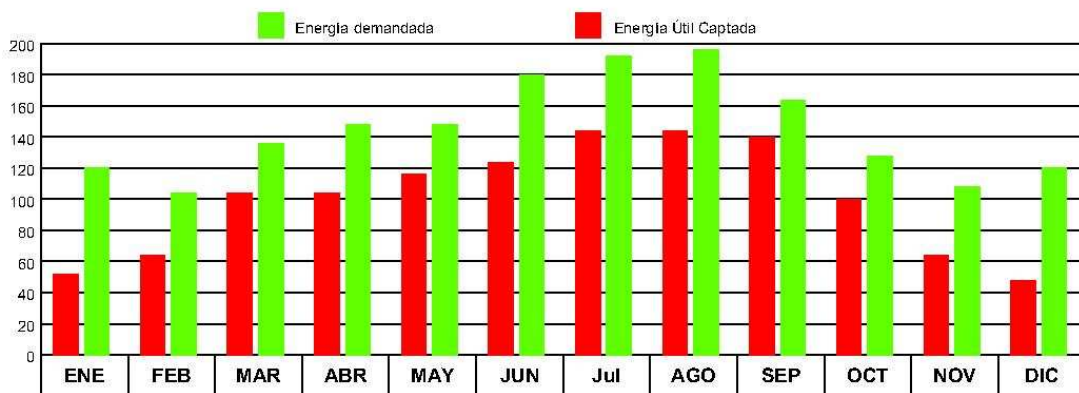
	Orien. e incl.	Sombras.	Total
Pérdida permitidas en CTE. Caso General	10%	10%	15%
Pérdida en el proyecto	0,00%	0,00%	0,00%

**CUMPLE LAS EXIGENCIAS DEL CTE**
**CÁLCULO ENERGÉTICO**

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Demanda Ener.[kWh/mes]:	119	105	135	146	148	180	193	197	164	129	109	119
Ener. Util cap.[kWh/mes]:	51	62	102	105	115	125	145	145	139	102	64	50
% ENERGIA APORTADA	43%	59%	76%	72%	77%	69%	75%	74%	85%	79%	59%	42%

Cumple la condición del CTE, no existe ningún mes que se produzca más del 110% de la energía demandada.

Cumple la condición del CTE, no existen 3 meses consecutivos que se produzca más de un 100% de la energía demandada.

**GRAFICA COMPARATIVA DEMANDA-ENERGIA CAPTADA**


Para la aplicación de ACS, el área total de los captadores tendrá un valor tal que se cumpla la condición:

$$50 < \frac{V}{A} < 180$$

Siendo:

A = Suma de las áreas de los captadores (m<sup>2</sup>).

V = Volumen del depósito de acumulación solar (litros).

Por tanto para una placa de 1,77 m<sup>2</sup>, cumple que está en el intervalo indicado.

### 2.1.1.2 Colocación.

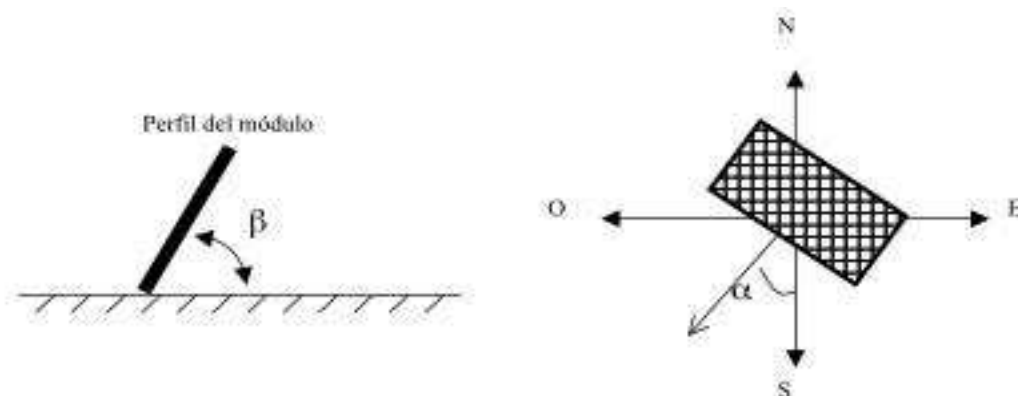
La orientación e inclinación del sistema generador y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas sean inferiores a los límites de la tabla 2.4. Se consideran tres casos: general, superposición de módulos e integración arquitectónica. Se considera que existe integración arquitectónica cuando los módulos cumplen una doble función energética y arquitectónica y además sustituyen elementos constructivos convencionales o son elementos constituyentes de la composición arquitectónica. Se considera que existe superposición de módulos cuando la colocación de los captadores se realiza paralela a la envolvente del edificio, no aceptándose en este concepto la disposición horizontal con el fin de favorecer la autolimpieza de los módulos. Una regla fundamental a seguir para conseguir la integración o superposición de las instalaciones solares es la de mantener, dentro de lo posible, la alineación con los ejes principales de la edificación.

Tabla 2.4 Pérdidas límite			
Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

Las pérdidas por orientación e inclinación se calcularán en función de:

- Ángulo de inclinación,  $\beta$ , definido como el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal. Su valor es 0 para módulos horizontales y 90° para verticales.
- Ángulo de acimut,  $\alpha$ , definido como el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar. Valores típicos son 0° para módulos orientados al sur, -90° para módulos orientados al este y +90° para módulos orientados al oeste.





**Figura 3.2 Orientación e inclinación de los módulos**

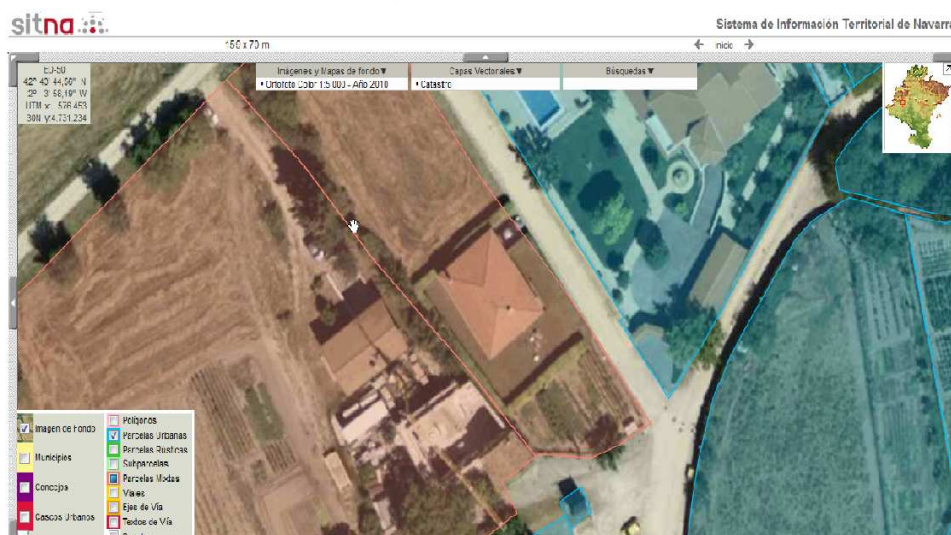
Se considerará como la orientación óptima el sur y la inclinación óptima, dependiendo del periodo de utilización, uno de los valores siguientes:

- Demanda constante anual: la latitud geográfica.
- Demanda preferente en invierno: la latitud geográfica + 10 °.
- Demanda preferente en verano: la latitud geográfica – 10 °.

Se corregirán los límites de inclinación aceptables en función de la diferencia entre la latitud del lugar en cuestión y la de 41°, de acuerdo a las siguientes fórmulas:

- Inclinación máxima = inclinación ( $f = 41^\circ$ ) – ( $41^\circ$  - latitud).
- Inclinación mínima = inclinación ( $f = 41^\circ$ ) – ( $41^\circ$  - latitud), siendo 5° su valor mínimo.

En nuestro caso, el captador deberá estar situado en la cubierta de la vivienda. Para maximizar su rendimiento, lo ideal es que esté orientado directamente al sur, ya que aunque suba el coste de la inversión a causa de las fijaciones, lo amortizaremos rápidamente gracias a su excelente ganancia. Además, al no ser parcela urbana, como vemos en la imagen, tendremos más libertad de colocación. La parcela urbana está sombreada de color azul, mientras que la vivienda está situada fuera de los límites de suelo urbano.



Al tener el captador solar situado al sur, el ángulo de acimut será 0 y no le afectará ninguna sombra. Entonces las pérdidas serán del 0 %.

Respecto a la inclinación de la placa, como la latitud de Echávarri es de 42°, y queremos una demanda constante anual, la tomaremos como inclinación de nuestro captador, además de ser muy similar al valor de referencia (41°).

### 2.1.2 Intercambiador.

Como se puede observar en la siguiente tabla de demanda, para una vivienda unifamiliar que es nuestro caso, está estipulado que cada habitante consume 30 l/día.

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60° C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ****	70	por cama
Hotel ***	55	por cama
Hotel/Hostal **	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Administrativos	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

Luego, al haber 4 personas en esta vivienda, necesitaremos como mínimo 120 l/día.

En el catálogo de FAGOR podemos encontrar el inmediatamente superior a 120 litros que será el ISF-150M1. Las características se encuentran en la memoria y el anexo.

### 2.1.3 Tubería.

Determinaremos el diámetro de las tuberías en función de dos premisas:

- La velocidad máxima del fluido debe ser menor que 1,5 m/s.
- La pérdida de carga por metro lineal de tubería será también menor que 40 mm c.a..

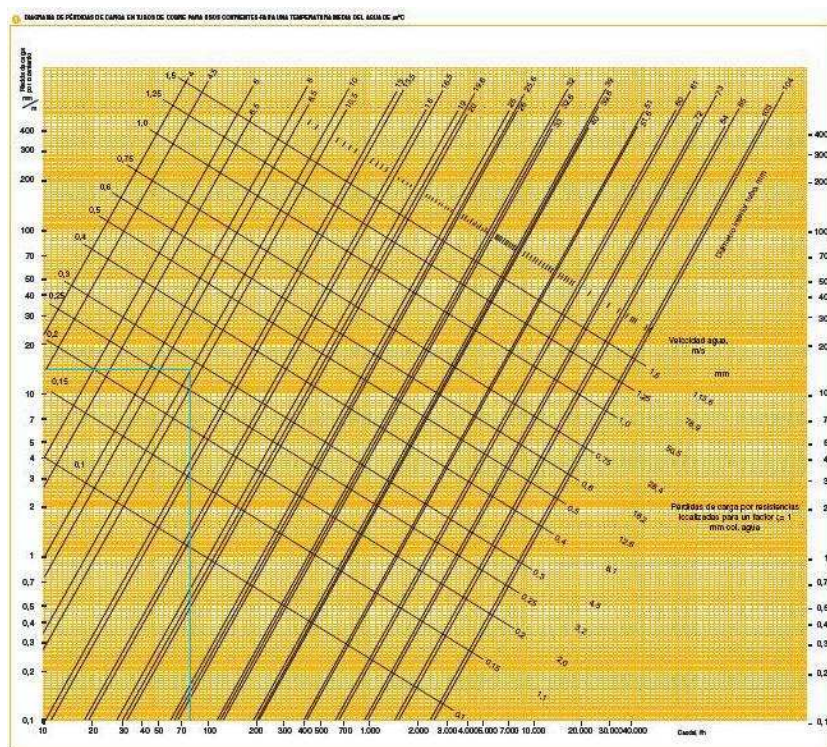
El colector solar tiene un caudal determinado por el fabricante que se adjunta en el catalogo. En este caso es de 45 l/hm<sup>2</sup>. Como tenemos un captador de 1,77 m<sup>2</sup> :

$$45 \text{ l/hm}^2 \times 1,77 \text{ m}^2 = 79,65 \text{ l/h} = 0,07965 \text{ m}^3/\text{h}$$

El caudal que debe transitar por el circuito de captación es un factor importante. Cada modelo de captador tiene un caudal de diseño que da el máximo de energía. En el caso de caudales excesivos, se obtendrá un menor salto térmico. Mientras que, para caudales bajos, la temperatura de los captadores será superior, incrementándose las pérdidas y reduciéndose la eficiencia.

Siendo la perdida de carga menor que 40 mm c.a., asignaremos una carga de 15 mm c.a..

Mediante la siguiente gráfica del cobre, calcularemos el diámetro interior del tubo teniendo en cuenta las pérdidas de carga y el caudal:





El diámetro interior del tubo será de 10 mm. Tendremos una velocidad de 0,29 m/s. Siendo, la mayoría de las veces entre 0.25 m/s y 0.8 m/s. Para ver el diámetro exterior, buscamos en las tablas según la normativa:

**TUBOS: NORMA UNE-EN 1057. COBRE Y ALEACIONES DE COBRE. TUBOS REDONDOS DE COBRE SIN SOLDADURA, PARA AGUA Y GAS EN APLICACIONES SANITARIAS Y DE CALEFACCIÓN**

Diámetro exterior nominal en mm	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0
Diámetro interior en mm												
6		4,8		4,4		4						
8		6,8		6,4		6						
10		8,8	8,6	8,4		8						
12		10,8	10,6	10,4		10						
14				12,4		12						
15			13,6	13,4		13						
16						14						
18				16,4		16						
22					20,2	20	19,8	19,6	19			
28					26,2	26		25,6	25			
35						33		32,6	32			
40						38						
42						40		39,6	39			
54						52		51,6	51	50		
64										60		
66,7								64,3		62,7		

Como vemos en la tabla, para un diámetro interior de 10 mm nos corresponde uno exterior de 12 mm.

#### 2.1.4 Bomba.

La bomba tendrá que vencer las pérdidas de todo el circuito y mantener un caudal de 0,07965 m<sup>3</sup>/h. Las pérdidas del circuito serán :

- Longitud total del circuito: Como podemos observar en los planos es de 17,04 metros. Al igual que antes, estimamos unas pérdidas de 15 mm c.a/m.

$$17,04 \times 15 = 255,6 \text{ mm c.a.} = 0,2556 \text{ m c.a.} = 0,2556 \text{ m}$$

- La placa, según el catalogo, tendrá una pérdida de presión de  $1,93 q_i^2 + 6,52 q_i$  expresado en mm c.a., con  $q_i$  en l/min.

$$q_i = 79,65 \text{ l/h} = 1,3275 \text{ l/min}$$

$$1,93 \times 1,3275^2 + 6,52 \times 1,3275 = 12,06 \text{ mm c.a.} = 0,0121 \text{ m}$$

- Para el cálculo de las pérdidas singulares por los accesorios, utilizaremos la siguiente fórmula de mecánica de fluidos:

$$H = k \times (v^2/2g) \text{ siendo } v = 0,29 \text{ m/s y } g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

Además necesitaremos la siguiente tabla, que nos indica la pérdida de carga puntual en tuberías de cobre.

**Pérdidas de carga puntuales (mca) en tuberías de cobre**

Elemento	pulgadas (mm)	Diámetro							
		3/8 10	1/2 15	3/4 20	1 25	1 1/4 32	1 1/2 40	2 50	2 1/2 65
Manguito de unión		0,00	0,00	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,12
Reducción		0,28	0,42	0,70	0,91	1,19	1,40	1,82	2,80
Codo de 45°		0,28	0,48	0,60	0,66	0,78	0,98	1,16	1,40
Curva de 90°		0,25	0,46	0,63	0,84	1,18	1,34	1,78	2,07
Codo de 90°		0,53	0,7	0,88	1,06	1,41	1,85	2,39	2,72
T de 45°		1,03	1,18	1,26	1,34	1,68	2,1	2,52	2,94
T arcada		2,1	2,35	2,52	2,69	3,36	4,20	5,04	5,88
T paso recto		0,14	0,21	0,28	0,42	0,56	0,70	1,12	1,52
T en derivación		2,52	3,5	4,2	5,04	5,74	6,44	7,00	7,70
Válvula de retención		0,28	0,42	0,77	1,05	1,61	2,10	2,66	3,71
Válvula de retención de pistón		1,86	2,38	3,25	3,99	5,21	6,54	8,05	9,67
Válvula de compuerta		0,20	0,25	0,29	0,36	0,50	0,62	0,77	0,97
Válvula de paso recta y asiento inclinado		1,54	1,88	2,44	3,19	4,05	4,84	6,34	7,71
Válvula de asiento 90°		2,66	3,57	4,69	6,02	7,84	9,56	12,04	15,54
Válvula de asiento paso recto		—	4,76	5,04	6,30	7,91	11,34	12,6	—
Intercambiador		—	—	—	2,94	7,00	17,5	18,48	19,88
Caldera		3,50	4,20	4,90	5,60	6,30	7,00	8,05	9,10
Contador general colectivo		4,5							
Contador individual		10							

Accesorios	Cantidad	Pérdidas unitarias, H (m)	Pérdidas totales (m)
Válvula de seguridad	3	1,54	4,62
Válvula de retención	1	0,28	0,28
Codo a 90°	8	0,53	4,24
T paso recto	2	0,14	0,28
		<b>TOTAL</b>	<b>9,42</b>

Después de todos los cálculos, vemos que la bomba tendrá que vencer unas pérdidas totales de  $(0,2556 + 0,0121 + 9,42) \text{ m} \times 15 \text{ mm c.a./m} = 145,32 \text{ mm c.a.} = 0,145 \text{ m c.a.}$

Con todas las características anteriores, elegiremos una bomba de la marca GRUNDFOS, el modelo será el UPS 25 – 50 .

### 2.1.5 Vaso de expansión.

Para el cálculo del vaso de expansión, necesitamos saber el volumen del circuito primario. Nuestra instalación está compuesta por:

- Un panel solar con capacidad de 1,18 litros según las especificaciones técnicas que podemos observar en el catálogo de FAGOR.
- Tubería con un total de 17,04 m de longitud. Calculando su volumen, con 1 cm de diámetro:

$$S = \pi \times 0,5^2 = 0,785 \text{ cm}^2$$

$$V = 0,000785 \times 17,04 = 0,0134 \text{ m}^3 = 1,34 \text{ l}$$

- El acumulador de 150 litros ISF-150M1 con un volumen de serpentín de 3 litros.

Sumando todos los volúmenes, tenemos que :

$$V_i = 1,18 + 1,34 + 3 = 5,52 \text{ l}$$

La recomendación del CTE HE 4-18 nos dice que en zonas donde se prevea vaporización se debería instalar un vaso de expansión de volumen igual al volumen del primario más un 10 %. Como además, el coste económico no es elevado, podemos sobredimensionarlo. De esta manera, haciendo el cálculo tenemos:

$$V_{ve} = 5,52 \times 1,1 = 6,072 \text{ litros}$$

Buscando el modelo más adecuado, escogeremos el vaso de expansión Ibaiondo 8 CMR.

### 2.1.6 Aislante.

Los componentes de una instalación (equipos, aparatos, accesorios...) deberán disponer de un sistema de aislamiento térmico. Por medio del RITE, hallamos el espesor mínimo del aislante, utilizando datos conocidos que aplicaremos en la siguiente tabla:

ESPESOR MÍNIMO DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS CON FLUIDO INTERIOR CALIENTE				
Diámetro exterior (mm)	Espesor (mm) según temperatura del fluido			
	40-65 °C	65-100 °C	100-150 °C	150-200 °C
$D \leq 35$	20	20	30	40
$35 < D \leq 60$	20	30	40	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40	50
$90 < D \leq 140$	30	40	50	50
$140 < D$	30	40	50	60

En nuestra instalación, sabemos que el diámetro exterior es menor que 35 mm, y al trabajar con temperaturas entre 65 – 100 °C , tendremos un espesor de 20 mm.

Viendo el catálogo de Ecosfera, optaremos por el tubo CU 12 mm AEROLINE SPLIT 20 m.

## 2.2 ENERGÍA DE BIOMASA.

### 2.2.1 Caldera.

Tenemos que calcular la potencia de la caldera. Para ello, sumaremos la necesaria para el agua caliente sanitaria y la calefacción.

- Calefacción

Para la obtención de la potencia necesaria para la calefacción, tendremos que calcular las pérdidas de transmisión de calor en la vivienda por medio de la sección HE-1 del CTE. Dichos cálculos están determinados en el Anexo 1.

La potencia requerida es de 3,14 kW.

- Agua caliente sanitaria

La potencia del calentador se determina en función del número de grifos servidos por el mismo o, en este caso como ya conocemos el volumen del acumulador, en función de los litros de éste.

El acumulador tiene un volumen de 150 litros a 60 °C. Luego, siendo la temperatura del agua de red en las condiciones más desfavorables de 5 °C, será:

$$Q_{acs} = 150 \text{ l} \times 4,186 \text{ kJ/kgK} \times (60 - 5) \text{ K} = 34.534,5 \text{ kJ}$$

Para pasarlo a kW, como esa cantidad es el tiempo que cuesta calentarlo en una hora, tendremos que pasarlo a segundos.

$$P_{acs} = 34.534,5 / 3.600 = 9,59 \text{ kW}$$

Al tener la caldera un rendimiento del 90% :

$$P_{acs} = 9,59 / 0,9 = 10,65 \text{ kW}$$

Sumando las 2 potencias, tendremos la potencia total que necesitamos :

$$P_{tot} = 3,14 + 10,65 = 13,79 \text{ kW}$$

En nuestro caso elegiremos la marca Ökofen , modelo Pellematic PE15, que tiene una potencia de 15 kW, y que por lo tanto cumplirá con el requerimiento mínimo de nuestra instalación.

### 2.2.2 Silo.

Debemos tener en cuenta que normalmente se estima la capacidad del silo con las necesidades anuales de la vivienda. Por cada kilovatio se estima un consumo de 250 kg de pellets.



$13,79 \text{ kW} \times 250 \text{ kg/kW} = 3.447,5 \text{ kg}$  de silo para una carga anual.

El silo más aproximado a nuestras necesidades es de la marca Ökofen, modelo S220H, con una capacidad de 3,1-3,6 toneladas.

### 3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

#### 3.1 ENERGÍA SOLAR TÉRMICA.

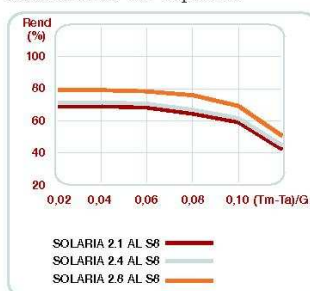
##### 3.1.1 Captador solar.

## captadores solares'



	Cod.	EAN-13
SOLARIA-2.1 AL S8	942010635	8413880166681
SOLARIA-2.4 AL S8	942010644	8413880166698
SOLARIA-2.8 AL S8	942010653	8413880166704

Curva de rendimiento instantáneo del captador



energía  
solar

Captadores Solares Planos	SOLARIA-2.1 AL S8	SOLARIA-2.4 AL S8	SOLARIA-2.8 AL S8
<b>DIMENSIONES</b>			
Largo total (mm)	1.900	2.200	2.200
Ancho total (mm)	1.090	1.090	1.260
Fondo (mm)	90	90	90
Área total (m²)	2,06	2,40	2,77
Área de apertura (m²)	1,87	2,17	2,58
Área del absorbedor (m²)	1,77	2,14	2,46
Peso en vacío (kg)	38	43	50
Capacidad de fluido (l)	1,18	1,26	1,70
Fluido caloportador	agua o agua glicolada	agua o agua glicolada	agua o agua glicolada
Temperatura de estancamiento (°C)	197,0	197,0	197,0
Flexión máxima (Pa)	1.000	1.000	1.000
<b>PRESIONES DE PRUEBA Y CAUDAL RECOMENDADO</b>			
Presión de timbre (bar)	14,0	14,0	14,0
Presión de trabajo (bar)	8,0	8,0	8,0
Caudal recomendado (l/h·m²)	45,0	45,0	45,0
Caida de presión en línea (mm.c.a.) (q=4l/min)	$1,93 \cdot q^2 + 6,52 \cdot q$	$1,85 \cdot q^2 + 7,32 \cdot q$	$2,24 \cdot q^2 + 3,72 \cdot q$
<b>CALIDADES DE FABRICACIÓN</b>			
Cubierta transparente	vidrio templado de 3,20 mm de espesor. Coef. Trans. 0,91		
Carcasa	aluminio anodizado AL-6063 T5 (espesor = 1,50 mm)		
Absorbedor	aletas de cobre (0,5 mm) soldadas por ultrasonidos a parrilla de cobre		
Tratamiento selectivo	proyección de electrolitos de Cromo Negro sobre base de Níquel Claro		
Relación en parrilla	captador principal 22 mm / captador secundario 8 mm		
Aislamiento térmico	poliuretano rígido inyectado (25 mm) + lám. Aluminio + lana mineral (25 mm)		
Acabado posterior y sellado	polipropileno moldeado y burlete de EPDM		
Conexiones (4 uds)	B.S.P. hembra de 3/4"		
<b>CURVAS DE RENDIMIENTO INSTANTANEO Y REGISTRO</b>			
Rendimiento óptico $\eta_i$	72,96 %	72,96 %	80,80 %
K1	$2,51 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^2$	$2,51 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^2$	$3,20 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^2$
K2	$0,038 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^2$	$0,038 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^2$	$0,010 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^2$
Contraseña de homologación	NPS-26507	NPS-26307	NPS-26407

www.fagor.com  
 energiasolar@fagorelectrodomesticos.com

line@comfort  
 902 20 00 45

**FAGOR**

### 3.1.2 Interacumulador.

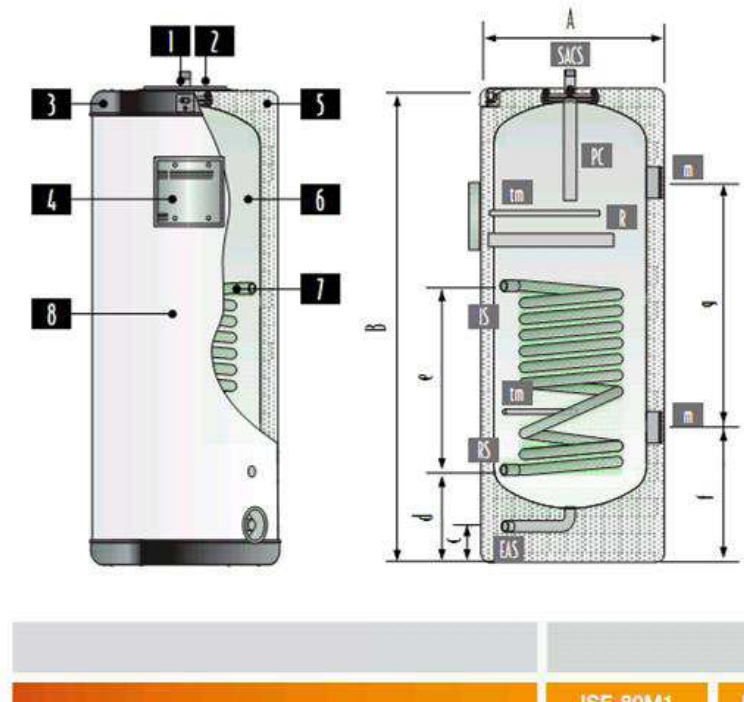
#### Componentes

- 1** Medidor de carga del ánodo
- 2** Boca de inspección
- 3** Cubierta superior
- 4** Boca lateral auxiliar
- 5** Aislamiento térmico
- 6** Depósito acumulador A.C.S.
- 7** Serpentin de calentamiento
- 8** Forro externo

#### Conexiones

- m** Anclajes para la instalación mural
- PC** Protección catódica
- tm** Vaina de sensores
- R** Vaina de resistencia eléctrica
- EAS** Entrada agua sanitaria
- SACS** Salida agua caliente sanitaria
- RS** Retorno solar
- IS** Ida solar

NOTA: El conjunto va embalado en caja de cartón reforzado y fijado a palet de madera no retornable.



### 3.1.3 Bomba de circulación.

#### VIVIENDA UNIFAMILIAR

Las bombas circuladoras UPS Serie 100 están diseñadas especialmente para sistemas de calefacción bitubo y monotubo y aptas para sistemas de refrigeración y aire acondicionado en su versión K.

##### Selector de velocidad

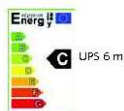
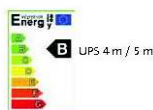
Motor monofásico con 3 velocidades de funcionamiento que permite adecuarse a las necesidades específicas de la instalación en cada momento.

##### Práctica

Disponible en 2 longitudes 130 y 180 mm y posibilidad de aumentar dicha longitud con los Kits Universal Grundfos. Forma sobre el cuerpo de la bomba para facilitar la sujeción de la conexión a la tubería.

Caja de conexiones accesible con conexiones de fácil manejo tipo "prensa".

#### UPS Serie 100



Modelo	Código	Conexión bomba	Longitud (mm)	Tensión	Clase energética	BOMBAS
UPS 25-40	96281384	G 1 1/2	180	1x230 V	B	
UPS 25-40 K	59544505	G 1 1/2	180	1x230 V	-	
UPS 25-40	96281376	G 1 1/2	130	1x230 V	B	
UPS 25-50	96281432	G 1 1/2	180	1x230 V	B	
UPS 25-50 K	59545502	G 1 1/2	180	1x230 V	-	
UPS 25-50	96281424	G 1 1/2	130	1x230 V	B	
UPS 25-60	96281483	G 1 1/2	180	1x230 V	C	
UPS 25-60 K	59546508	G 1 1/2	180	1x230 V	-	
UPS 25-60	96281476	G 1 1/2	130	1x230 V	C	

#### CARACTERÍSTICAS / CONSTRUCCIONES

- Eje y cojinetes radiales de cerámica.
- Cojinete de empuje en carbono.
- Soporte de cojinete en acero inoxidable
- Rotor y carcasa del rotor en acero inoxidable férreo
- Impulsor en material resistente a la corrosión.
- Carcasa de la bomba en fundición.
- Temperatura del líquido de +2°C a +110°C (versión K: de -25°C a +95°C).
- Presión máxima del sistema 10 bar.
- Clase de aislamiento F (UPS 25-60: clase H).
- Grado de protección IP 42 o IP 44.
- Motor protegido contra partículas, no necesita protección externa.

### 3.1.4 Vaso de expansión.



## Vasos de expansión para instalaciones de agua caliente sanitaria

### DESCRIPCIÓN

Depósitos fabricados en acero a partir de dos fondos embutidos unidos entre sí por cordones de soldadura realizados por procedimientos automáticos y personal homologado, de acuerdo a la directiva Europea 97/23/CE de equipos a presión.

En los fondos se ha previsto sendos agujeros para el montaje y fijación de la membrana y acoplamiento del paso del agua.

Las partes en contacto con el agua, están fabricadas en acero inoxidable AISI 304.

La membrana interior es de calidad alimentaria, recambiable y completamente impermeable, de acuerdo a las características físicas y mecánicas según norma EN 13831, que permite mantener en permanente aislamiento el agua del aire, excluyendo así cualquier posibilidad de corrosión de la superficie metálica interior del acumulador.

La válvula de hinchado está debidamente protegida para la regulación de la presión de la cámara de aire. Precarga de aire a 3 Bar.

Aplicación final, sobre superficie fosfatada, de 40 micras de espesor mínimo de pintura, color blanco.

La temperatura máxima de servicio es de 100°C.

### APLICACIÓN

Los vasos de expansión **CMR** están destinados a emplearse en instalaciones de transferencia de agua potable fría y caliente. Permiten la absorción del aumento del volumen, que es consecuencia del calentamiento del agua, evitando que la presión del circuito sobrepase la presión nominal de sus componentes.

La inclusión de un vaso de estas características presenta ventajas como:

- Atenuación del Golpe de Ariete. Al cerrar bruscamente las griferías monomando, se producen golpes de ariete dentro de la instalación, que pueden provocar presiones instantáneas elevadas, lo que ocasiona ruidos dentro de las tuberías y una importante fatiga mecánica en diversos componentes de la instalación. Estos inconvenientes son evitados mediante la instalación de un vaso de expansión.
- Alivia el grupo de seguridad (prácticamente no se producen fugas de agua por goteo). Economizar el agua. Reducen el consumo de energía eléctrica.

### FUNCIONAMIENTO

A medida que se va expansionando el agua, ésta penetra en el vaso, comprimiendo el colchón de aire y aumentando su presión hasta el valor determinado en el cálculo.

Cuando el agua se enfría, el aire cautivo, mediante su expansión, empujará al agua para su retorno al circuito hasta alcanzar la instalación su presión original.

A la hora de colocar un vaso de expansión en una instalación de A.C.S. debemos tener las siguientes consideraciones:

Antes de proceder a su instalación, asegúrese de que el volumen del vaso de expansión haya sido calculado por personal autorizado.

Obligatoriamente el vaso se instala sobre la tubería de entrada de agua fría, situándose entre el grupo de seguridad y el productor de agua caliente.

No debe de existir ningún mecanismo que pueda cerrar el paso entre el vaso de expansión y el productor de agua caliente.

Evitar radiaciones cerca del vaso de expansión para proteger la membrana de posibles excesos de temperatura.

Controlar la presión de llegada de agua fría. Si ésta es superior a 5,25 Bar colocar un reductor de presión.

### MANTENIMIENTO

El mantenimiento debe ser realizado exclusivamente por personal autorizado.

La presión estándar es de 3 bar. Sin embargo, este valor se debe regular y ajustar por el instalador en función de la instalación en la que se coloque.

Realizar una comprobación de este valor de hinchado al menos cada 6 meses. La medición de estos valores debe realizarse con la instalación en frío y despresurizada.

Nunca desmonte el vaso sin haber previamente despresurizado la instalación.

Durante el llenado de agua de la instalación, asegurarse que la presión indicada en el manómetro es ligeramente superior a la presión estática de la instalación. Mantener durante medio día la instalación a la máxima temperatura de trabajo, eliminar el aire del sistema, reemplazándolo por agua.



### 3.1.5 Tubería preaislada.

**LISTA PRECIOS 03/08** | **VÁLIDO DESDE MARZO 2008**


**AEROLINE® SPLIT R25**

**AEROLINE®**  
**TUBE SYSTEMS**  
**BAUMANN GMBH**

**AEROLINE® SPLIT R25 Sistema rápido de doble tubería preaislada**  
 para instalaciones solares; con tubo de cobre; tubo doble fácil de separar **para conexión**  
 con el colector; estación solar; acumulador.

**FÁCIL DE SEPARAR!**  
 p. ej. ANTES  
 DEL COLECTOR



**Sistema de montaje de tubos integrado** compuesto por:  
 Aislante AEROFLEX de EPDM, 2 x tuberías cobre según DIN EN 12449 (R220), recubrimiento protector negro de poliolefina-poliétileno (PE), resistente a los rayos UV, cable sensor de silicona 2 x 0,75² VDE 0295, clase 5.

**Protección al calor:**  
 Coeficiente de conductividad térmica a +10°C,  $\lambda_{10^\circ\text{C}} = 0,035^* \text{ W/mK}$ .  
 La pérdida de calor para las dos tuberías equivale a la de dos tuberías tendidas individualmente que están aisladas para cumplir el RITE 25

**Coquilla aislante AEROFLEX de EPDM**, ligera, flexible, de celdas cerradas, caucho sintético; libre de PVC y CFC; clase de material de construcción: B2 según DIN 4102; sin problemática de corrosión en tuberías de cobre y acero inoxidable según DIN 1988-7; tolerancias ajustadas según DIN 52275-2. Resistencia a temperatura permanente de hasta +125°C; brevemente hasta +175°C (temperatura de parada del colector); Coeficiente de conductividad térmica a +10°C,  $\lambda_{10^\circ\text{C}} = 0,035^* \text{ W/mK}$  y a 0°C,  $\lambda_{0^\circ\text{C}} = 0,033 \text{ W/mK}$ . Muy buena resistencia al ozono y los rayos UV.

Conductos con identificación de entrada/retorno para evitar confusión.

**RACORES**  
 desde pág. 19

\* Valor medido por FIV – München

Nº ART.	DIMENSIONES DEL TUBO, LONGITUD	Cotización MK* en €/kg		€/METRO LINEAL					
		Hasta 2,00	2,01 - 3,00	3,01 - 4,00	4,01 - 5,00	5,01 - 6,00	6,01 - 7,00	7,01 - 8,00	
<b>2.010.410</b>	Tubo Cu 10 x 0,7 mm Longitud 10 m	20,97	22,14	23,45	24,44	25,43	26,42	27,41	
<b>2.010.415</b>	Tubo Cu 10 x 0,7 mm Longitud 15 m	19,88	20,82	22,23	23,17	24,11	25,05	25,99	
<b>2.010.420</b>	Tubo Cu 10 x 0,7 mm Longitud 20 m	19,36	20,27	21,65	23,56	23,48	24,39	25,31	
<b>2.010.425</b>	Tubo Cu 10 x 0,7 mm Longitud 25 m	19,05	19,95	21,31	22,21	23,11	24,01	24,91	
<b>2.012.410</b>	Tubo Cu 12 x 0,8 mm Longitud 10 m	24,44	26,03	27,63	29,22	30,82	32,41	34,01	
<b>2.012.415</b>	Tubo Cu 12 x 0,8 mm Longitud 15 m	23,28	24,80	26,32	27,84	29,36	30,88	32,40	
<b>2.012.420</b>	Tubo Cu 12 x 0,8 mm Longitud 20 m	22,96	24,45	25,95	27,45	28,95	30,45	31,95	
<b>2.012.425</b>	Tubo Cu 12 x 0,8 mm Longitud 25 m	22,40	23,86	25,33	26,79	28,25	29,71	31,18	
<b>2.015.410</b>	Tubo Cu 15 x 0,8 mm Longitud 10 m	27,15	29,14	31,13	33,12	35,11	37,10	39,09	
<b>2.015.415</b>	Tubo Cu 15 x 0,8 mm Longitud 15 m	25,91	27,81	29,71	31,61	33,51	35,41	37,31	
<b>2.015.420</b>	Tubo Cu 15 x 0,8 mm Longitud 20 m	25,59	27,47	29,34	31,22	33,09	34,97	36,85	
<b>2.015.425</b>	Tubo Cu 15 x 0,8 mm Longitud 25 m	25,31	27,16	29,02	30,87	32,73	34,59	36,44	
<b>2.018.410</b>	Tubo Cu 18 x 1,0 mm Longitud 10 m	31,64	34,61	37,59	40,56	43,53	46,50	49,47	
<b>2.018.415</b>	Tubo Cu 18 x 1,0 mm Longitud 15 m	30,48	33,34	36,20	39,06	41,92	44,78	47,64	
<b>2.018.420</b>	Tubo Cu 18 x 1,0 mm Longitud 20 m	29,88	32,68	35,48	38,29	41,09	43,89	46,69	
<b>2.018.425</b>	Tubo Cu 18 x 1,0 mm Longitud 25 m	29,60	32,37	35,15	37,92	40,70	43,48	46,25	

\* Cotización Metall Cobre, basada en la cotización del London Metal Exchange (LME) donde se mantiene el suplemento de la industria.  
 Obtenga el valor actualizado desde nuestro sitio web: [www.isiclick.com](http://www.isiclick.com)

**Material de montaje AEROLINE**  
 Unidad de embalaje cada uno con 4 abrazaderas ovaladas, tornillos M8x80 y **tacos S10** –  
 Recomendación: por 5 m de longitud 4 abrazaderas

		€/unidad de embalaje
<b>2.907.004</b>	Tamaño 0 - para SPLIT 10, SPLIT 12	10,20
<b>2.904.004</b>	Tamaño 1 - para SPLIT 15	10,90
<b>2.906.004</b>	Tamaño 2 - para SPLIT 18	12,40

**AEROLINE TUBE SYSTEMS** | D-89081 Ulm | Im Lehrer Feld 30 | Tel.: 976302135 | Fax: 976468085  
**AGUIDROVERT SOLAR** | c/ Cervantes 20, Zaragoza 50.006 | [www.aguidrovert.com](http://www.aguidrovert.com) | [info@aguidrovert.com](mailto:info@aguidrovert.com)



**Estos precios no incluyen el IVA vigente - Modificaciones reservadas**

## 3.2 ENERGÍA DE BIOMASA.

### 3.2.1 Caldera de pellets.

#### PELLEMATIC sinfin de extracción



29

##### Caldera de calefacción con quemador y controles

Envío: intercambiador de calor, quemador de pellets, control de caldera, corrección automática del combustible mediante sensor de cámara de combustión así como monitoreo de presión negativa, sin cajón externo de cenizas.

**Intercambiador de calor** (caldera de calefacción) con sistema automático de limpieza, depósito de cenizas, compresión de cenizas, elevación temperatura del retorno integrado, ventilador de humos, brida de montaje para el quemador de pellets (posible montaje derecha e izquierda); completo con aislamiento y revestimiento.

**Quemador de pellets** con plato de combustión, cierre anti retorno de llama, ventilador de aire para combustión, conexión para funcionamiento con aire independiente para combustión, unidad de accionamiento y encendido automático (solamente 250 Watt).

**Limpieza plato de combustión (opcional)** está compuesta de anillo de limpieza incl. unidad de accionamiento, para su uso con pellets normatizados propensos a formación de escorias y excesos de cenizas.

**Control de caldera electrónico con visualización de los control de caldera**, incl. ton dos los sensores, cableada y montada en la caldera de calefacción. Programación estándar de fábrica para su funcionamiento con regulador atmosférico. Tensión eléctrica 230 V

Art.Nr.	Descripción	Precio sin IVA	dto	Art.Nr.	Descripción	Precio sin IVA	dto
SIN CONDENSACIÓN				CON CONDENSACIÓN*			
PE08	Potencia nominal 2 - 8 kW	€ 7.056,-	1				
PE10	Potencia nominal 3 - 10 kW	€ 7.218,-	1	PEK10	Potencia nominal 3 - 10 kW	€ 9.303,-	1
PE12	Potencia nominal 4 - 12 kW	€ 7.491,-	1	PEK12	Potencia nominal 4 - 12 kW	€ 9.584,-	1
PE15	Potencia nominal 5 - 15 kW	€ 7.675,-	1	PEK15	Potencia nominal 5 - 15 kW	€ 9.759,-	1
PE20	Potencia nominal 6 - 20 kW	€ 7.859,-	1	PEK20	Potencia nominal 6 - 20 kW	€ 9.986,-	1
PE25	Potencia nominal 8 - 25 kW	€ 8.631,-	1	PEK25	Potencia nominal 8 - 25 kW	€ 10.715,-	1
PE32	Potencia nominal 10 - 32 kW	€ 8.983,-	1	PEK32	Potencia nominal 10 - 32 kW	€ 11.095,-	1

### 3.2.2 Silo.

#### Silo textil FleXILO

**ADVERTENCIA:** El silo textil se puede adquirir exclusivamente junto con caldera de calefacción. Envío: silo textil, bastidor, acople extracción de cenizas con corredera de emergencia, abrazaderas y pequeñas piezas.

**Atención:** Unidad de llenado no incluido en el envío, ver página 31.  
1 pcs. unidad de llenado S106HK por silo textil.




##### Altura mínima del cuarto 215 cm

Art.Nr.	largo	ancho	alto <sup>1)</sup>	capacidad <sup>2)</sup>	Precio sin IVA	dto
S110H	1.100 mm	1.100 mm	1.350 mm	450 kg (Befüllung von Hand)	€ 310,-	5
S160H	1.700 mm	1.700 mm	1.970 mm	2,0 - 2,5 ton	€ 1.140,-	5
S190H	2.040 mm	2.040 mm	1.970 mm	2,8 - 3,2 ton	€ 1.285,-	5
S220H	2.300 mm	2.300 mm	1.970 mm	3,1 - 3,6 ton	€ 1.435,-	5
S260H	2.580 mm	2.580 mm	1.970 mm	4,0 - 4,6 ton	€ 1.678,-	5
S2219H	2.300 mm	2.040 mm	1.970 mm	3,0 - 3,4 ton	€ 1.478,-	5
S2216H	2.300 mm	1.700 mm	1.970 mm	2,7 - 3,1 ton	€ 1.421,-	5
S2619H*	2.580 mm	2.040 mm	1.970 mm	3,0 - 3,6 ton	€ 1.590,-	5
S2622H*	2.580 mm	2.300 mm	1.970 mm	3,6 - 4,2 ton	€ 1.653,-	5



### 3.2.3 Regulador Pelletronic Plus.

	<b>E1308</b>	<p><b>PELLETRONIC 1 PLUS</b> está compuesta de I/O-Box (montaje a la pared) para regulación de</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 circuito con mezcladora</li> <li>- cascada 2ble</li> <li>- carga acumulador ACS</li> <li>- carga depósito de inercia</li> <li>- incluidos ton dos los sensores</li> <li>- salida para bomba de alimentación ó bomba circulación ACS</li> <li>- regulación solar para 2 circ. con reg. de revoluciones para bombas de eficiencia energética</li> <li>- medición aporte solar (Art. 27110-set de medición solar pedir a parte)</li> </ul>	<p><b>€ 465,-</b> 1 pcs.</p>
---	--------------	---	----------------------------------

### 3.3 VESTÍBULO DE INDEPENDENCIA.

#### 3.3.1 Puerta separadora.

##### DESCRIPCIÓN



##### Elz 60 C5 de 1 hoja

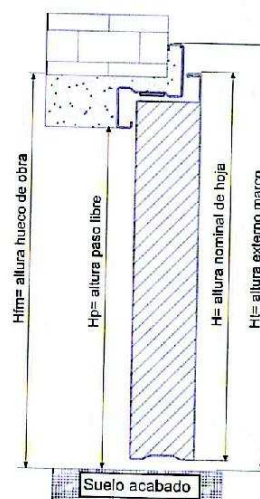
- Marco MC3 conformado en acero de alta resistencia de 1,2mm. con alojamiento para junta de humos fríos, provisto de 6 garras de anclaje. En puertas de altura nominal igual o superior a 2400mm. está provisto de 8 garras.
- Hoja de 53 mm de espesor realizada en acero galvanizado de 0,7mm. tipo skinpass, rellena de lana de roca: densidad 150Kg/m3.
- Cerradura homologada marcado CE.
- Bisagra homologada marcado CE.
- En puertas de altura nominal igual o superior a 2400mm. presenta una bisagra adicional.
- Manilla cortafuegos antienganche norma DIN, en poliamida ignífuga de color negro con alma de acero y cilindro llave patent.
- Junta intumescente perimetral entre marco y hoja de 20x2 mm.
- Un punto antipalanca.
- Separadores, para su instalación.
- Chapa identificativa.
- Instrucciones de montaje y mantenimiento.
- Peso de la puerta: 25 Kg/m2.

##### SECCIÓN HORIZONTAL DE 1 HOJA

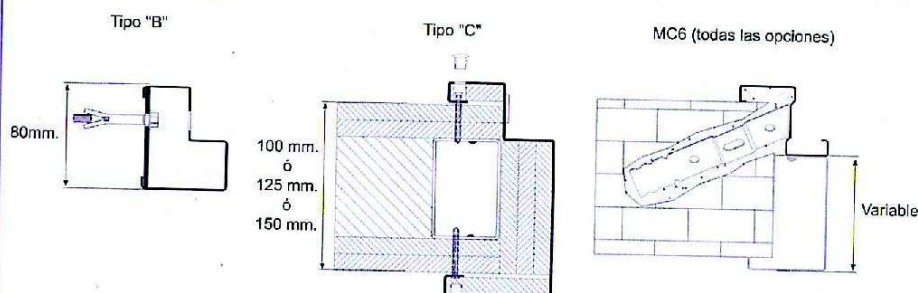


\* Para ver el paso libre a 90° y 180° mirar las páginas 28 y 29.

##### SECCIÓN VERTICAL



##### MARCOS OPCIONALES



\* Para la descripción técnica de estos marcos mirar sección "Marcos", página 71

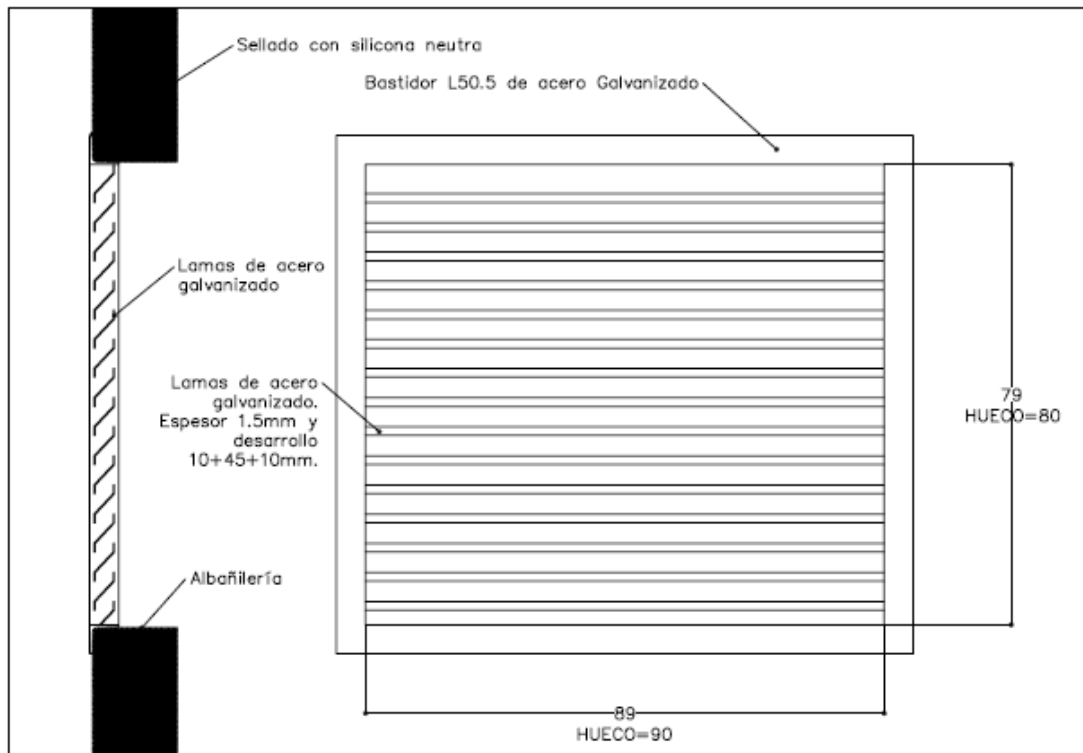
##### ACABADOS

- CLASSIC**, marco y hoja presentan acabados en RAL 7035.
- GAMACOLOR RAL**, marco y hoja se presentan pintados epoxi poliéster según carta de RAL.
- GAMACOLOR PVC**, hoja con recubrimiento en PVC y marco pintado en epoxi poliéster de similar color.
- INNOVA**, marco seleccionable según carta RAL y hoja en impresión digital.

\* Para la descripción técnica de estos acabados mirar sección "Acabados", página 58

### 3.3.2 Rejilla.

Rej.Met.01: REJILLA VENTILACIÓN A PATIO C.B.0100  
e 1:10 – cotas en cm



Pamplona, 14 de febrero del 2013, el Ingeniero Técnico Industrial

Fdo.: David Santos Galdeano



## ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

ENERGÍAS RENOVABLES COMO ALTERNATIVA EN UNA  
VIVIENDA UNIFAMILIAR.

### DOCUMENTO 6: BIBLIOGRAFÍA

Nombre y apellidos del alumno: David Santos Galdeano

Nombre y apellidos del tutor: Jorge Odériz Ezcurra

Pamplona, 14 de Febrero de 2013

---

ÍNDICE: BIBLIOGRAFÍA

1. CAPITULO 1. NORMATIVA.....	1
2. CAPITULO 2. LIBROS EMPLEADOS.....	2
3. CAPITULO 3. PÁGINAS WEB CONSULTADAS.....	3
4. CAPITULO 4. CATÁLOGOS UTILIZADOS.....	4
5. CAPITULO 5. PROGRAMAS INFORMÁTICOS EMPLEADOS.....	5

## 1. NORMATIVA EMPLEADA EN EL PROYECTO

- Código Técnico de la Edificación. Marzo 2006. Documento básico HE (de ahorro de energía).
- IT.IC. Reglamento de instrucciones técnicas.
- RITE. Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios.

## **2. LIBROS EMPLEADOS PARA EL PROYECTO**

1. TÍTULO: “Mecánica de Fluidos”

AUTOR: Frank M. White.

2. TÍTULO: “Manual de instalaciones de calefacción por agua caliente”

AUTOR: Francisco Martín Sánchez.

3. TÍTULO: “Climatización y Calefacción”

AUTOR: Juan A. De Andrés y R. Pomatta. Santiago Aroca Laetra. Manuel García Gandra.

4. TÍTULO: “Curso de instalación de calefacción”

AUTOR: Pedro M. Rubio Requena. José Tobar Larracea. Francisco L. Martínez Alcalá.



### 3. PÁGINAS WEB CONSULTADAS PARA EL PROYECTO

[www.idae.es](http://www.idae.es)

[www.soliclima.com](http://www.soliclima.com)

[www.faimevi.es](http://www.faimevi.es)

[www.morissarroes.es](http://www.morissarroes.es)

[www.generadordeprecios.info](http://www.generadordeprecios.info)

[www.giacomini.com](http://www.giacomini.com)

## 4. CATÁLOGOS UTILIZADOS EN EL PROYECTO

- CATÁLOGO: Calderas y elementos biomasa Ökofen.
- CATÁLOGO: Fagor Solar.
- CATÁLOGO: Bombas Grundfos.
- CATÁLOGO: Tuberías Aeroline.
- CATÁLOGO: Vaso de expansión Ibaiondo.

## 5. PROGRAMAS INFORMÁTICOS EMPLEADOS

- PROGRAMA: Microsoft Word.

UTILIZACIÓN: Exposición del proyecto por escrito.

- PROGRAMA: Microsoft Excel.

UTILIZACIÓN: Para tablas de cálculos y gráficas.

- PROGRAMA: Powerpoint.

UTILIZACIÓN: Para la presentación del proyecto.

- PROGRAMA: Autocad.

UTILIZACIÓN: Realización de los planos.

- PROGRAMA: Presto.

UTILIZACIÓN: Para la elaboración del presupuesto.

- PROGRAMA: CHEQ4

UTILIZACIÓN: Para validar la sección HE4 del CTE.

Pamplona, 14 de febrero del 2013, el Ingeniero Técnico Industrial

Fdo.: David Santos Galdeano